

WAGNER CORRÊA SANTOS

**ANÁLISE DE CARACTERÍSTICAS DENDROMÉTRICAS E FATORES
EDÁFICOS NO CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE UM POVOAMENTO DE
Araucaria angustifolia (Bert.) O. Ktze.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do grau e título de Mestre em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Nelson Carlos Rosot
Co-orientador: Dr^a Maria Augusta Doetzer
Rosot

CURITIBA
2006

TERMO DE APROVAÇÃO



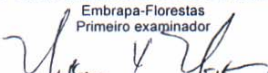
Universidade Federal do Paraná
Setor de Ciências Agrárias - Centro de Ciências Florestais e da Madeira
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal

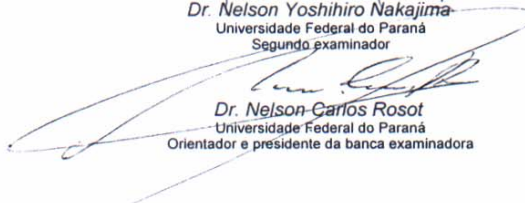
PARECER

Defesa nº. 663


A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, após arguir o(a) mestrando(a) *Wagner Corrêa Santos* em relação ao seu trabalho de dissertação intitulado "**Análise de características dendrométricas e fatores edáficos no crescimento e produção de um povoamento de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze**", é de parecer favorável à **APROVAÇÃO** do(a) acadêmico(a), habilitando-o(a) ao título de *Mestre* em Engenharia Florestal, área de concentração em MANEJO FLORESTAL.


Dr. Yeda Maria Malheiros de Oliveira
Embrapa-Florestas
Primeiro examinador


Dr. Nelson Yoshihiro Nakajima
Universidade Federal do Paraná
Segundo examinador


Dr. Nelson Carlos Rosot
Universidade Federal do Paraná
Orientador e presidente da banca examinadora

Curitiba, 29 de setembro de 2006


Graciela Inês Bolzon de Muniz
Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal
Antonio Carlos Batista
Vice-coordenador do curso

Av. Lothário Meissner, 3400 - Jardim Botânico - CAMPUS III - CEP 80210-170 - Curitiba - Paraná
Tel: (41) 360-4212 - Fax: (41) 360-4211 - <http://www.floresta.ufpr.br/pos-graduacao>



A todos aqueles que entenderam a minha
ausência, dedicação e dificuldades, em
especial à minha esposa Rafaela e a meus pais
Sidnei e Marlene

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Aos meus orientadores, Nelson Carlos Rosot e Maria Augusta Doetzer Rosot, por acreditarem em minha capacidade mesmo nos momentos mais difíceis desta trajetória, e pela ajuda intelectual de um casal que associa a prática e a teoria em um só conhecimento.

À pesquisadora Yeda Maria Malheiros de Oliveira pela ajuda e dicas na elaboração deste trabalho, e aos funcionários e estagiários do Laboratório de Monitoramento Ambiental da *Embrapa Florestas*, Fernando, Gilberto, Vilmar, Marlise, Edelberto e Claudia.

Aos professores e alunos do Colégio Florestal, em especial à direção deste, Laércio, Josimar e Wanderley.

Aos pesquisadores da Embrapa Florestas, Patrícia e Edílson, pela ajuda, sugestões e empenho no desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus colegas de pós-graduação, Ludmila, Artur, Daniel e Flora pelos seus conhecimentos e ajuda nas disciplinas cursadas.

Aos estagiários que auxiliaram na coleta de dados de campo, Artur, Anderson, Luiz; aos funcionários da Estação Experimental de Rio Negro, Osmiro e Francisco; ao Colégio Agrícola de Rio Negro, pelo pouso e alimentação disponibilizado durante toda coleta de dados.

À minha esposa Rafaela, pelo carinho mesmo nas horas difíceis e por ter entendido a minha ausência e dedicação, ao seu incentivo nas horas difíceis, apoiando-me e nunca permitindo que eu desistisse, e ao seu amor que sustentou toda esta dificuldade.

Aos meus pais que sempre acreditaram em mim e lutaram e se privaram do lazer de suas vidas para capacitar seus filhos.

Aos meus irmãos e sobrinhos, especialmente Marcelo, meu principal companheiro e amigo nesta cidade. À minha avó Maria pelo seu incentivo e ajuda financeira.

A meus amigos de moradia, em especial ao Carlos Eduardo pelo seu companheirismo.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	<i>vi</i>
LISTA DE FIGURAS	<i>vii</i>
LISTA DE SIGLAS	<i>ix</i>
RESUMO	<i>x</i>
ABSTRACT	<i>xi</i>
1 INTRODUÇÃO	01
1.1 OBJETIVO	02
2 REVISÃO DE LITERATURA	04
2.1 CARACTERÍSTICA DA ESPÉCIE <i>Araucaria angustifolia</i> (Bert.) O. Ktze.....	04
2.1.1 Biologia da Araucária.....	04
2.1.2 Histórico da exploração da Araucária.....	04
2.1.3 Silvicultura da Araucária.....	06
2.2 DETERMINAÇÃO DE SÍTIOS FLORESTAIS.....	08
2.2.1 Método dendrométrico.....	08
2.2.2 Método Ecológico.....	09
2.2.2.1 Relação entre o solo e o crescimento da Araucária.....	10
2.2.2.1.1 Mecanismo de nutrição das plantas.....	11
2.2.2.1.2 Características químicas do solo no crescimento da Araucária.....	13
2.2.2.1.3 Características físicas e morfológicas do solo no crescimento da Araucária.....	15
2.2.2.1.4 Técnicas estatísticas para verificar a relação Solo-Crescimento.....	17
2.3 CRESCIMENTO E PRODUÇÃO.....	19
2.3.1 Formação dos anéis de crescimento.....	22
2.3.2 Análise de tronco (ANATRO).....	23
2.3.2.1 Análise de tronco completa.....	24
2.3.2.1.1 Coleta e preparo das fatias.....	24
2.3.2.1.2 Marcação e medições dos raios.....	26
2.3.3 Novas tendências da análise de tronco.....	27
2.3.4 Utilização da análise de tronco em estudos de crescimento e produção de Araucária.....	30
2.3.5 Tabelas de produção.....	30
3 MATERIAL E MÉTODOS	32
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	32
3.1.1 Área do experimento.....	32
3.1.2 Procedências testadas.....	35
3.2 COLETA DE DADOS.....	37
3.2.1 Levantamento dendrométrico.....	37
3.2.1.1 Derrubada das árvores.....	38
3.2.1.1.1 Distribuição diamétrica.....	38
3.2.1.1.2 Cubagem das árvores.....	40
3.2.1.1.3 Coleta das fatias para ANATRO.....	40
3.2.2 Amostragem do solo.....	41
3.3 PROCEDIMENTOS DE LABORATÓRIO.....	42
3.3.1 Procedimento para análise de tronco.....	42
3.3.2 Procedimento analítico de solo.....	46
3.4 PROCESSAMENTO DOS DADOS.....	47

3.4.1 Organização de banco de dados.....	47
3.4.2 Obtenção da altura e volume das árvores.....	47
3.4.2.1 Relação hipsométrica.....	48
3.4.2.2 Equações de volume.....	48
3.4.3 Avaliação da capacidade produtiva (Sítio).....	49
3.4.3.1 Método dendrométrico para determinação de sítio.....	49
3.4.3.2 Determinação ecológica do sítio.....	50
3.4.3.2.1 Correlação entre as variáveis.....	50
3.4.3.2.2 Análise multivariada.....	51
3.4.4 Desenvolvimento de tabelas e modelos de produção.....	52
4 RESULTADOS	53
4.1 BANCO DE DADOS.....	53
4.2 ASPECTO DENDROMÉTRICO DOS DADOS.....	55
4.2.1 Relação hipsométrica.....	55
4.2.2 Função de volume.....	57
4.3 ANÁLISE DOS FATORES QUE DETERMINAM O SÍTIO.....	59
4.3.1 Avaliação dendrométrica.....	59
4.3.2 Avaliação ecológica do sítio.....	61
4.3.2.1 Correlação linear simples.....	62
4.3.2.2 Análise de agrupamento e discriminante.....	65
4.4 CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DO POVOAMENTO.....	70
4.4.1 Diagnóstico da Análise de Tronco (ANATRO).....	70
4.4.2 Tabelas de produção e modelo de crescimento.....	77
5. CONCLUSÕES	85
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87
APÊNDICES	93

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	- ORIENTAÇÃO ÓTIMA DOS RAIOS A SEREM MEDIDOS NA ANATRO, CONFORME A QUANTIDADE DE RAIOS E TIPO DE MÉDIA EMPREGADA.....	27
TABELA 2	- LIMITES E CENTRO DE CLASSES DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA.....	39
TABELA 3	- COEFICIENTES E ESTIMADORES DE AJUSTE E PRECISÃO PARA RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA	56
TABELA 4	- COEFICIENTES E ESTIMADORES DE AJUSTE E PRECISÃO PARA FUNÇÕES DE VOLUME COM CASCA.....	58
TABELA 5	- COEFICIENTES E ESTIMADORES DE AJUSTE E PRECISÃO PARA FUNÇÕES DE VOLUME SEM CASCA.....	58
TABELA 6	- ANOVA COM SUBAMOSTRAGEM PARA ALTURA DOMINANTE (m).....	60
TABELA 7	- ANOVA COM SUBAMOSTRAGEM PARA ÁREA TRANSVERSAL (m ²).....	60
TABELA 8	- ANOVA COM SUBAMOSTRAGEM PARA VOLUME (m ³).....	60
TABELA 9	- CORRELAÇÃO EM PORCENTAGEM ENTRE AS VARIÁVEIS DENDROMÉTRICAS E VARIÁVEIS DO SOLO.....	63
TABELA 10	- PARCELAS PERTENCENTES A CADA GRUPO.....	66
TABELA 11	- SELEÇÃO DAS VARIÁVEIS DISCRIMINANTES (MÉTODO STEPWISE).....	68
TABELA 12	- FUNÇÕES DISCRIMINANTES PARA AS VARIÁVEIS SELECIONADAS.....	68
TABELA 13	- RESULTADO DA CLASSIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS NA ANÁLISE DISCRIMINANTE.....	69
TABELA 14	- TESTE DE TUKEY PARA OS 5 GRUPOS FORMADOS.....	69
TABELA 15	- MODELO DIDÁTICO DA FICHA DE ANATRO.....	76
TABELA 16	- TABELA DE PRODUÇÃO PARA O POVOAMENTO.....	84

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	– CURVAS DE PRODUÇÃO E INCREMENTO.....	21
FIGURA 2	– ESTAÇÃO EXPERIMENTAL DE RIO NEGRO (UFPR).....	33
FIGURA 3	– ÁREA DO EXPERIMENTO NA FAZENDA DE RIO NEGRO....	34
FIGURA 4	– DISPOSIÇÃO INDIVIDUAL DAS PARCELAS.....	35
FIGURA 5	– LOCALIZAÇÃO DAS PROCEDÊNCIAS TESTADAS.....	36
FIGURA 6	– FREQUÊNCIA DAS CLASSES DIAMÉTRICAS.....	39
FIGURA 7	– DISPOSIÇÃO DAS AMOSTRAS DE SOLOS NA PARCELA...	42
FIGURA 8	– MATERIAL UTILIZADO PARA MARCAÇÃO DOS RAIOS E ANÉIS.....	43
FIGURA 9	– SISTEMA DE MEDIÇÃO DE FATIAS (MICROCOMPUTADOR, LUPA E LINTAB).....	44
FIGURA 10	– DIAGRAMA DO MÉTODO TRIGONOMÉTRICO PARA INTERPOLAÇÃO DA ALTURA DO TÉRMINO DO ANEL.....	45
FIGURA 11	– RELACIONAMENTO DAS TABELAS DO BANCO DE DADOS	53
FIGURA 12	– NUMERAÇÃO E DISPOSIÇÃO DAS ÁRVORES NAS PARCELAS.....	55
FIGURA 13	– CURVAS DE REGRESSÃO DOS MODELOS AJUSTADOS E PONTOS OBSERVADOS.....	56
FIGURA 14	– DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA O MODELO DE HENRICKSEN.....	57
FIGURA 15	– RELAÇÃO ALTURA DOMINANTE E MORFOLOGIA DO SOLO	64
FIGURA 16	– DENDROGRAMA DA ANÁLISE DE AGRUPAMENTO.....	65
FIGURA 17	– MAPA DOS GRUPOS DE SOLOS.....	67
FIGURA 18	– PADRÕES DE CRESCIMENTO DA ARAUCÁRIA.....	71
FIGURA 19	– MARCAÇÃO E NUMERAÇÃO DE 8 RAIOS NAS FATIAS.....	72
FIGURA 20	– COMPARAÇÃO ENTRE FATIAS OVAIS E CIRCULARES.....	72
FIGURA 21	– FATIA DA BASE QUE APRESENTA 38 ANÉIS DE CRESCIMENTO.....	73
FIGURA 22	– FATIA DA BASE QUE NÃO APRESENTA 38 ANÉIS DE CRESCIMENTO.....	73
FIGURA 23	– EXEMPLO DIDÁTICO PARA ANATRO.....	75
FIGURA 24	– APARELHO DE MEDIÇÃO DE ANÉIS (LINTAB).....	77
FIGURA 25	– MEDIÇÃO DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO.....	78
FIGURA 26	– DIÂMETRO INDIVIDUAL MÉDIO (cm) POR IDADE E CLASSE DIAMÉTRICA.....	79
FIGURA 27	– CRESCIMENTO E PRODUÇÃO PARA A VARIÁVEL DAP (cm).....	79
FIGURA 28	– ALTURA INDIVIDUAL MÉDIA (m) POR IDADE E CLASSE DIAMÉTRICA.....	80
FIGURA 29	– CRESCIMENTO E PRODUÇÃO PARA A VARIÁVEL ALTURA (m).....	81
FIGURA 30	– VOLUME INDIVIDUAL MÉDIO (m ³) POR IDADE E CLASSE DIAMÉTRICA.....	82
FIGURA 31	– CRESCIMENTO E PRODUÇÃO PARA A VARIÁVEL VOLUME (m ³).....	82

FIGURA 32	– CRESCIMENTO E PRODUÇÃO PARA A VARIÁVEL ÁREA BASAL (m ² /ha).....	83
FIGURA 33	– CRESCIMENTO E PRODUÇÃO PARA A VARIÁVEL VOLUME (m ³ /ha).....	84

LISTA DE SIGLAS

%	–	Porcentagem
Al	–	Alumínio
ANATRO	–	Análise de tronco completa
ANOVA	–	Análise de variância
B	–	Boro
Ca	–	Cálcio
cm	–	Centímetro
cm ³ /cm ³	–	Centímetro cúbico por centímetro cúbico
cmolc/dm ³	–	Centimol por decímetro cúbico
Cu	–	Cobre
DAP	–	Diâmetro à altura do peito
EMBRAPA	–	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Fe	–	Ferro
g	–	Área transversal
g/g	–	Grama por grama
G/ha	–	Área basal
g/Kg	–	Grama por Quilograma
gl	–	Grau de liberdade
H	–	Hidrogênio
ha	–	Hectare
Hdom	–	Altura dominante
ICA	–	Incremento Corrente Anual
ID	–	Idade
IMA	–	Incremento Médio Anual
K	–	Potássio
Kg/dm ³	–	Quilograma por decímetro cúbico
m	–	Metro
m ²	–	Metro quadrado
m ² /ha	–	Metro quadrado por hectare
m ³	–	Metro cúbico
m ³ /ha	–	Metro cúbico por hectare
mg	–	Miligrama
Mg	–	Magnésio
mg/dm ³	–	Miligrama por decímetro cúbico
Mn	–	Manganês
N	–	Numero de árvores por hectare
N	–	Nitrogênio
P	–	Fósforo
pH	–	Acidez do solo
r	–	Coeficiente de correlação
R ²	–	Coeficiente de determinação
S	–	Enxofre
Syx%	–	Erro padrão da estimativa em porcentagem
V%	–	Saturação de bases
Zn	–	Zinco

RESUMO

Com a redução das taxas dos plantios de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze a partir da década de 80 observou-se um desinteresse no desenvolvimento de novas pesquisas e melhoramento na silvicultura da espécie. Este trabalho vem estudar a influência dos fatores edáficos no crescimento e produção de diferentes procedências de Araucária na Fazenda Experimental de Rio Negro da UFPR. O experimento foi instalado no ano de 1967 e consiste em 36 parcelas com 91 árvores cada, para um teste de 12 diferentes procedências, com 3 repetições cada. Foram medidos o DAP (Diâmetro à Altura do Peito) de todas as árvores, altura das 5 árvores mais grossas por parcela (Hdom), retiradas amostras de solo 0 - 20 cm de profundidade por parcela e derrubadas 24 árvores, distribuídas em classes de 1 desvio-padrão, que abrangeram todas as classes diamétricas para cubagem e coleta de fatias para ANATRO (análise de tronco). Neste trabalho, considerou-se o fator climático constante, devido às dimensões reduzidas da área de estudo. Para o fator genético foi constatada a não existência de diferenças significativas entre as procedências e, sim, entre as parcelas, sugerindo, então, que a variabilidade genética não influenciou na produtividade do experimento, podendo esta estar ligada aos fatores edáficos. Assim, foi necessário agrupar as parcelas em classes homogêneas de solo, utilizando-se a ferramenta estatística multivariada de agrupamento. Foram determinados cinco grupos com classes semelhantes de solo, onde a variável profundidade apresentou o melhor valor discriminante. Analisando a relação dos grupos de solos formados com as variáveis dendrométricas (Hdom, G/ha e Vol/ha) pôde-se verificar que, para a variável Hdom, não existiram diferenças significativas entre os grupos de solos, e, apenas um grupo apresentou diferença significativa inferior aos demais para variável G/ha e Vol/ha. Dessa forma constatou-se que no experimento há dois sítios distintos, onde a profundidade maior ou menor que 1 metro de solo, define em qual sítio cada parcela está contida. No estudo de crescimento e produção através de ANATRO foi registrado um padrão de crescimento diferente para as árvores dominadas, em que não foi possível visualizar todos os anéis nas fatias da base da árvore, em função da estagnação do crescimento diamétrico na base, sendo proposta neste trabalho, uma metodologia diferenciada para este padrão de crescimento. No desenvolvimento de curvas de crescimento e produção, foi constatado que as variáveis DAP, Altura e Volume individual das árvores já atingiram o ponto máximo de produção para todas as classes diamétricas, exceto para as classes superiores da variável Volume. Analisando o crescimento médio em G/ha, verificou-se a estagnação desta variável; para a variável Vol/ha o povoamento ainda apresenta valores significativos de crescimento, apresentando um IMA (38 anos) de 14,21 m³/ha e máxima produção volumétrica (ICA máximo) aos 19 anos com um incremento de 22,14 m³/ha.

Palavras-chave: *Araucaria angustifolia*, Sítios, ANATRO, Crescimento e Produção

ABSTRACT

As the reforestation rates with *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. (parana-pine) diminished by the late 80's, so did the interest to investigate the species' silviculture and genetics. The present project intends to evaluate the influence of edaphic factors on the growth and yield of different provenances of unmanaged parana-pine stands at the Rio Negro Experimental Station of the Federal University of Parana. The experiment was laid down in 1967 and comprised 36 plots with 91 trees each, where the objective was to test the performance of 12 different provenances arranged in 3 blocks. At the age of 38 years all trees were measured to DBH, as well as the dominant height for each plot. A soil survey consisted of collecting and analyzing samples at 0 to 20 cm in depth and perforating each plot center to measure soil depth. Twenty-four trees, distributed in one-standard-deviation classes, were felled and cut in discs to perform stem analysis and to adjust volume equations. Climatic factors were considered constant due to the reduced dimensions of the experimental area. An analysis of variance detected no differences among provenances regarding site productivity. On the other hand, significant differences were detected among plots, thus suggesting that edaphic factors might have more influence on the productivity than genetic factors related to seed provenances. Multivariate analysis techniques were used to group plots according to soil chemical and physical characteristics. Five homogenous soil groups were defined and the variable "soil depth" presented the most discriminating power. An analysis of the relationships between the soil groups and stand variables showed that, for dominant height, there were no differences between plots associated with different soil groups. For basal area and volume per hectare, only one group was considered different from the others. This fact led to the conclusion that there are two different sites on the experimental area, defined by soil depths lesser or greater than 1 meter, respectively. Stem analysis revealed a different growth pattern for suppressed trees, with no possibility of visualizing all growth rings at tree butt. A specific methodology for performing stem analysis was then applied to suppressed trees. Growth and yield curves showed that DBH, height and individual tree volumes have already reached their maximum for all diameter classes, except for the dominant classes for the volume variable. Basal area has reached a stagnated condition. On the other hand, average stand volume is still increasing with a mean annual increment ($MAI_{age\ 38}$) of $14.21\ m^3/ha$ and a maximal volume yield reached at the age 19 with a current annual increment (CAI) of $22.14\ m^3/ha$.

Keywords: *Araucaria angustifolia*, Site, Stem analysis, Growth and yield

1 INTRODUÇÃO

A escassez de madeira no mercado brasileiro e as pressões ambientais, principalmente nas empresas que utilizam este produto como fonte de matéria prima, requer que os profissionais desta área unam a produtividade e a conservação do meio ambiente de forma ponderada.

As espécies exóticas, hoje muito utilizadas na silvicultura tradicional, apresentam alta produtividade e competem com as espécies nativas, sendo, assim, necessário o desenvolvimento de uma silvicultura alternativa que pondere estas questões, ou seja, a utilização de uma espécie que apresente alta produção e gere o menor impacto ambiental possível.

A espécie *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze apresenta um grande potencial na sua região de ocorrência natural, porém é pouco conhecida em termos de crescimento e produção e dos fatores que os influenciam como a qualidade do material genético, qualidade do sítio e a silvicultura (densidade de plantio, limpeza, poda e desbaste).

A araucária desde o século XIX foi utilizada sem nenhuma preocupação, sendo o corte de caráter extrativista, destinado ao preparo de áreas para o cultivo agrícola, um dos fatores responsáveis pela diminuição das reservas de florestas naturais na sua região de ocorrência.

Quando essas e outras áreas foram reflorestadas, principalmente na época dos incentivos fiscais, a partir da década de 60, utilizaram-se espécies de rápido crescimento como Pinus e Eucalyptus, que proporcionavam maior rentabilidade financeira, tendo os plantios de araucária, até o fim da década de 70, apresentado uma área de aproximadamente de 45000 ha no estado do Paraná, apenas cerca de 7 % de toda área reflorestada (BREPOHL, 1980).

Os poucos plantios comerciais de araucária e a drástica redução da taxa de implantação partir da década de 80 limitaram o desenvolvimento de novas pesquisas e tecnologia para esta espécie. Observa-se que os plantios remanescentes, não são, em sua grande maioria, manejados, não possuem tratos culturais e sua produção está estagnada, causando prejuízos e proporcionando

uma visão que não corresponde ao potencial real e à viabilidade de plantios de araucária.

A não consideração dos fatores limitantes que determinam a capacidade produtiva da araucária fez com que a espécie fosse caracterizada por apresentar baixos incrementos, porém CARVALHO (2003) comenta que apenas 25% da área de ocupação natural são viáveis para plantios em função do crescimento observado.

Hoje, a Portaria n° 046 de 20 de março de 2006, complementada pela portaria n° 060 de abril de 2006 do Instituto Ambiental do Paraná (IAP), estabelece critérios para o corte de espécies florestais consideradas em extinção no estado do Paraná, dentre as quais, inclui-se a araucária, proibindo o corte de florestas secundárias em estágio inicial de sucessão em áreas maiores que 5 hectares e aproveitamento da madeira maior que 15 m³.

O desenvolvimento de um sistema de manejo adequado aos povoamentos de araucária, aliado à identificação dos fatores que limitam o crescimento e produção desta espécie, pode contribuir para o aumento do interesse de sua utilização em plantios comerciais, possibilitando a retomada da sua competitividade no mercado de espécies florestais e assegurando a sustentabilidade por meio de equilíbrio entre a produção e conservação do meio ambiente.

1.2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi avaliar as características dendrométricas e os fatores edáficos no crescimento e produção da *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. na Fazenda Experimental de Rio Negro da UFPR, tendo como objetivos específicos:

- 1- Analisar a influência das propriedades do solo de forma isolada e combinada sobre o crescimento e produção desta espécie.
- 2- Verificar a influência das diferentes procedências de sementes no crescimento e produção da espécie;

- 3- Recompôr o crescimento passado utilizando técnicas de análise de tronco (ANATRO);
- 4- Desenvolver tabelas de produção para o povoamento;
- 5- Desenvolver um banco de dados relacional referente às variáveis medidas nas parcelas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CARACTERÍSTICAS DA ESPÉCIE *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze.

2.1.1 Biologia da Araucária

A *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. pertence à família das Araucariaceae, sendo conhecida por pinheiro-do-paraná, pinho, pinheiro brasileiro, entre outros. Ocorre desde o estado do Rio Grande do Sul até Minas Gerais, em altitudes superiores a 900 metros, sendo que nos estados do sul do Brasil ocorre em regiões acima de 500 m de altitude (LORENZI, 1992).

É uma planta dióica, com altura variando de 20 a 50 metros e tronco retilíneo de 90 a 180 cm de diâmetro. A árvore jovem tem forma piramidal bem diferente da adulta, em forma de taça (LORENZI, 1992).

A araucária ocorre geralmente em forma de agrupamentos quase homogêneos, dominando o dossel superior. As flores masculinas florescem nos meses de setembro a outubro e a maturação das sementes ocorre nos meses de abril e maio, aproximadamente 20 meses depois da formação das flores femininas (LORENZI, 1992).

2.1.2 Histórico da exploração da Araucária

O grande desmatamento das florestas com araucária visou, principalmente, o cultivo de espécies agrícolas nos estados do Paraná e Santa Catarina, e pecuária no estado do Rio Grande do Sul. Uma exploração mais intensiva se verificou no estado do Paraná a partir do século XIX, com a construção da estrada de ferro que ligava o litoral ao primeiro planalto, devido ao desenvolvimento nesta região (FUPEF, 1978).

Com o esgotamento da madeira, a exploração deslocou-se para região central e sudoeste do estado, tendo-se intensificado a partir da Segunda Guerra Mundial, devido à colonização das regiões de ocorrência da Floresta com araucária e à exportação da madeira para suprir a escassez no mercado internacional (FUPEF, 1978).

A estimativa de produção de madeira de araucária no estado do Paraná, foi de 714.163 m³ no ano de 1945, saltando para 2.706.651 m³ em 1978, tendo atingido, em 1971, o último pico da produção de 3.120.212 m³. O destino desta madeira era principalmente o mercado interno no estado do Paraná, seguido dos outros estados e do mercado externo (BREPOHL, 1980).

Os primeiros plantios de araucária em uma escala maior foram iniciados a partir de 1920, na Companhia de Melhoramento de São Paulo, no município de Caieiras. A partir de 1945, o Instituto Nacional do Pinho e empresas privadas como a Klabin Celulose e Papel S/A, começaram a desenvolver plantios em escalas ainda maiores, atingindo o auge com o surgimento dos incentivos fiscais na década de 60.

A reposição das florestas regulamentadas no sul do Brasil através de incentivos fiscais, leis, decretos leis e portarias não foi cumprida em sua totalidade, onde, dos 82.602,7 ha de plantios previstos de araucária foram executados apenas 58.542,64 ha, o que equivale a 71% da área projetada (FUPEF, 1978). No estado do Paraná, os reflorestamentos no período de 1967 a 1978 foram de 45.251,11 ha, o que correspondia a 7,69% da área reflorestada do estado, apresentando, próximo ao ano de 1978, taxas de plantio insignificantes para a espécie, e assim, uma reposição insuficiente da reserva explorada (BREPOHL, 1980).

Os plantios de araucária tiveram um declínio devido aos problemas ecológicos da espécie, como a alta exigência de solos produtivos, e pela forte concorrência das espécies exóticas, menos exigentes em relação a fatores edáficos e com períodos mais curtos de rotação (DIETRICH, 1979).

Com a redução drástica dos reflorestamentos de araucária a partir de 1980, tem-se, hoje, uma pequena área de plantios dessa espécie, que apresentam principalmente idades avançadas, com crescimento baixo e estagnado por não terem sido submetidos a práticas de manejo adequadas. Aplicaram-se técnicas empíricas sem embasamento científico, e não considerando características limitantes para o cultivo tais como a qualidade do material genético, a qualidade do sítio, a densidade e os tratos culturais adequados (CRECHI, 1996).

2.1.3 Silvicultura da Araucária

Diversos estudos – visando obter um melhor método silvicultural e um melhoramento genético da espécie – foram apresentados até a década de 80, sendo que a partir desse período, tornaram-se cada vez mais escassos (GURGEL FILHO, 1980).

A utilização de três diferentes sistemas silviculturais de plantio, para sete diferentes procedências de sementes araucária foi testada por ALVES (1985) em Quatro Barras no Paraná, sendo: plantio em linha sob cobertura de uma capoeira baixa, plantio em linha sob cobertura de capoeira alta e plantio em linha a céu aberto. Foram avaliadas as variáveis altura total e diâmetro do colo aos dois anos de idade e constatou-se que o plantio sob cobertura de capoeira baixa foi superior aos outros sistemas silviculturais. Os resultados das análises estatísticas também mostraram a existência de variabilidade genética entre e dentro das procedências.

Este resultado deve-se ao fato de a araucária apresentar uma adaptabilidade fisiológica às condições de luminosidade do ambiente, sendo alcançadas as maiores taxas de capacidade fotossintética por mudas cultivadas sob sombreamento, tolerando sombra no período juvenil e passando a heliófitas na fase adulta (CARVALHO, 2003).

SPELTZ et al. (1980) testaram 10 diferentes espaçamentos para plantios de *Araucaria angustifolia* em Monte Alegre no estado do Paraná e constataram que os espaçamentos 2,0 x 2,5 metros e 2,0 x 2,0 metros foram eficientes, apresentando respectivamente os incrementos de 22,17 st/ha.ano e 22 st/ha.ano.

GURGEL e GURGEL FILHO (1965)¹, citados por ALVES (1985), realizaram testes de procedências de *Araucaria angustifolia* em Santa Rita do Passa – Quatro – SP, num experimento com três origens de semente provenientes de Campos de Jordão – SP, Capão Bonito – SP e Lajes – SC, constatando a existência de raças geográficas e influência da latitude do local de origem da semente no desenvolvimento da planta. Estes mesmos autores

¹GURGEL J. T. A., GURGEL FILHO O. T.; **Evidências raças geográficas no pinheiro Brasileiro. *Araucaria angustifolia*** Revista Ciência e Cultura v.17, n. 01, p. 33-39, 1965.

realizaram um experimento semelhante, porém em escala maior, testando 20 origens de sementes coletadas em todos os locais de ocorrência natural da espécie e plantado-as em nove locais espalhados pelo Estados de São Paulo, Santa Catarina, Paraná e Rio Grande do Sul. Para o município de Três Barras – SC, as procedências de São Paulo e Minas Gerais apresentaram melhores resultados em relação à altura média.

A variações geográficas da *Araucaria angustifolia* em Puerto de Libertad – Argentina também foram estudadas por FAHLER e DI LUCCA (1980) utilizando vinte e três procedências de locais que representam a distribuição natural da espécie. Constataram que procedências de maiores longitudes obtiveram os melhores crescimentos em altura. Também se observou uma alta correlação entre o crescimento e temperatura média anual do local de origem das sementes, onde quanto maior for a temperatura, maior o crescimento.

SHIMIZU e HIGA (1980) analisaram 18 procedências de araucária plantadas em Itapeva – SP, avaliando a altura e sobrevivência do 2º ao 6º ano de idade e constataram que a correlação entre a altura das plantas e a latitude de suas origens tende a decrescer com o aumento da idade.

MONTEIRO e SPELTZ (1980), buscando obter um material genético de alta produtividade de araucária para o município de Telêmaco Borba – PR, testaram 24 procedências e constataram, com base em 11 anos de plantio que, para a região, os materiais genéticos de Pinhão – PR e Guarapuava – PR obtiveram melhores resultados, apresentando, respectivamente, uma produtividade de 118,7 m³ / ha e 115,0 m³ /ha.

KAGEYAMA e JACOB (1980) conduziram um teste de procedências e progênie utilizando sementes provenientes de Guarapuava – PR, Três barras – SC e Jardim da Serra – SC. Os resultados mostraram que, quanto mais elevada a altitude de origem das sementes, menor o crescimento em altura.

Resultados preliminares do mesmo teste de 12 procedências utilizado nesta pesquisa, no município de Rio Negro – PR, foram apresentados por BALDANZI e ARAUJO (1971) que mediram as alturas médias e dominantes aos três anos de idade. Constataram que existia diferença significativa entre as procedências para as duas variáveis estudadas, sendo que as sementes oriundas de Rio Negro – PR apresentam uma maior altura média e, as

sementes oriundas de Imbituva – PR, maior altura dominante média. Foram definidos como o grupo das melhores procedências, as sementes provenientes de Rio Negro, Imbituva, Telêmaco Borba, Ponte Alta do Sul, Guapiara e Cascavel e, como das piores procedências o grupo de União da Vitória, Ponte Serrada, Francisco Beltrão e Vacaria.

2.2 DETERMINAÇÃO DE SÍTIOS FLORESTAIS

A capacidade produtiva de uma floresta em uma determinada área é influenciada, principalmente, por fatores biológicos, edáficos, climáticos e topográficos (PRODAN et al., 1997), onde a soma e a interação destes três fatores define a variável sítio para uma determinada espécie (SPURR, 1952).

Uma das tarefas mais difíceis é a escolha e a avaliação dos parâmetros que influem na determinação da qualidade do sítio, bem como o melhor método para quantificação desta variável (SCHNEIDER, 1993).

Existem dois métodos que podem ser empregados para realizar a classificação de sítio: (1) o método dendrométrico que realiza a classificação dos sítios a partir da capacidade produtiva de cada unidade, expressa por uma variável mensurável, ou (2) o método ecológico que envolve fatores físicos, químicos do solo, topográficos e climáticos da região estudada (SALLE, 1993).

2.2.1 Método dendrométrico

Há muito tempo pesquisadores procuram encontrar um parâmetro dendrométrico ideal para ser utilizado como índice de sítio. Segundo BURGER (1976) este deve ser de fácil determinação em campo, possuir boa correlação com a produção volumétrica, indicar a qualidade de sítio para todas as idades e ser independente da densidade do povoamento.

A variável altura foi proposta na Alemanha no século XVIII, como a mais adequada para a determinação da qualidade sítio, por ser pouco influenciada pela densidade do povoamento. A principal razão para utilizar a altura dominante é a grande influência do desbaste que eleva a altura média do povoamento. A altura dominante está, também, fortemente correlacionada com

a produção volumétrica, sendo fundamental para construção de tabelas de produção (SCHNEIDER, 1993).

A altura dominante de um povoamento é apenas uma definição e não um verdadeiro valor absoluto. SCHNEIDER (1993) mostra a existência de diversas formas de obtenção desta variável, sendo a altura média das 100 árvores mais grossas por hectare, o método mais utilizado pelos pesquisadores (ASSMANN, 1970).

PRODAN et al. (1997) mostram que a desvantagem da utilização da altura dominante é a existência de um desenvolvimento da área basal muito diferente para índices de sítio iguais.

SCHEEREN et al. (1999) estudaram o crescimento em altura dominante em *Araucaria angustifolia* e o compararam com uma classificação de três sítios já pré-definidos através de características naturais, não sendo constatada uma relação direta entre estes dois métodos.

2.2.2 Método Ecológico

A definição dos sítios naturais, segundo SCHNEIDER (1993), estabelece a procura de informação sobre aspectos climáticos que, juntamente com os fatores edáficos e biológicos, poderão determinar a qualidade dos habitats. A escolha dos parâmetros que influem no crescimento da vegetação é uma tarefa de difícil avaliação e escolha.

Os fatores climáticos são considerados para classificação de sítio apenas para grandes extensões de área (BRUM, 1979) e influenciam no crescimento das florestas, principalmente pela quantidade e distribuição da precipitação, bem como a temperatura, radiação, ventos, geadas, que podem ser correlacionadas com variáveis de latitude, longitude, altitude e topografia (PRODAN et al., 1997).

Dos inúmeros fatores que afetam a produção, maior consideração tem sido dada às características edáficas, devido à alta correlação entre as propriedades do solo e o crescimento das árvores (BRUM, 1979). Estas variáveis expressam principalmente, sua capacidade nutricional e de retenção

de água através de análise química, física e morfológica (PRODAN et al., 1997).

2.2.2.1 Relação entre o solo e o crescimento da Araucária

No estudo dos problemas que afetam o crescimento de uma árvore, deve-se considerar diversos fatores como: excesso ou deficiência de umidade, adaptação genética da espécie, aeração inadequada do solo, ataque de insetos, patógenos e nutrição do solo, onde a deficiência dos elementos essenciais à planta, reduz drasticamente o ritmo de crescimento destas (SIMÕES, 1972).

A espécie *Araucaria angustifolia* ocorre em diferentes tipos de solo, desde o mais pobre como os Campos Gerais do Paraná, derivado do Arenito Furnas, até os solos escuros e férteis derivados do basalto que ocorrem no sudoeste do Paraná e oeste de Santa Catarina (MACHADO e SIQUEIRA, 1980).

Muitos fatores afetam na produtividade da araucária e o conhecimento do seu grau de influência possibilita buscar condições de melhorar a produtividade da espécie. Levando-se em conta a interação entre a planta e fatores edafoclimáticos, o conhecimento da relação solo - crescimento contribuirá para aumentar a produtividade da espécie (CASSOL, 1982).

Os primeiros plantios de araucária eram executados em área de campo e cerrado, recomendados por trabalhos pioneiros antes da década de 50, sendo posteriormente constatado que os solos de campo, assim como solos pouco profundos, são impróprios para o reflorestamento da espécie, sendo recomendados solos profundos e, de preferência, originalmente cobertos por florestas.

Autores como VAN GOOR (1965), SIMÕES (1972), BLUM (1980) DIETRICH (1979), HOPPE (1980), DE HOOGH et al. (1981), CASSOL (1982) e GERHARD et al. (2001) estudaram a influência das características do solo no crescimento e produção da *Araucaria angustifolia* e também constataram que a espécie apresenta uma alta exigência quanto às características químicas, físicas e morfológicas do solo, apresentando uma queda drástica no seu crescimento em solos com propriedades inferiores às requeridas pela espécie.

Esta exigência da espécie por solos profundos e uma alta fertilidade foi constatada no estado do Paraná por CARVALHO (2003), registrando plantios que apresentaram incrementos anuais variando de 1 m³/ha a 26 m³/ha, o que permitiu afirmar que apenas 25 % da área de ocorrência natural da espécie, são economicamente viáveis para seu cultivo.

2. 2. 2.1.1 Mecanismo de nutrição das plantas

O solo é basicamente formado por uma porção sólida, composta por matéria orgânica em diversos estágios de decomposição e minerais sólidos em diversos tamanhos. Este solo apresenta poros que são ocupados por água e ar, o que auxilia na respiração das raízes. A água presente nos poros, é denominada *solução do solo*, pois contém diversas substâncias minerais e orgânicas dissolvidas, sendo que a planta absorve somente os nutrientes presentes nesta solução (TOMÉ JUNIOR, 1997).

Apenas 16 elementos químicos são considerados essenciais à planta, e são divididos em macronutrientes e micronutrientes, classificados em relação à quantidade absorvida. Nitrogênio, fósforo e potássio são os principais macronutrientes e o cálcio, magnésio e enxofre como macronutrientes secundários (COELHO, 1973).

O nitrogênio (N) não é um mineral e chega ao solo através do ar; as chuvas tropicais podem acrescentar ao solo até 50 Kg/ha de N ao ano (PRIMAVESI, 2002). O teor deste elemento no solo indica o grau de riqueza em matéria orgânica (SILVA, 1997), e sua fixação pode ser por meio biológico, fotoquímico ou por simples absorção de ar (PRIMAVESI, 2002). É o macronutriente que exerce efeito mais rápido sobre a planta, tendo a função de estimular o crescimento vegetativo e responsável pela cor verde-escura da folhagem (COELHO, 1973).

Devido à complexidade das formas do nitrogênio (N) do solo, não se obteve até hoje, uma metodologia capaz de quantificar sua disponibilidade, calculando, então, o nível de nitrogênio no solo com base no teor de matéria orgânica.

O fósforo (P) tem grande importância no crescimento vegetal, por ser responsável pela transferência de energia na síntese de substância orgânica (PRIMAVESI, 2002). Em geral o conteúdo deste elemento no solo é baixo, sendo que a maioria dos compostos não são assimiláveis pela planta. Ocorre em formas orgânicas e inorgânicas, onde o conteúdo orgânico constitui a maior parte do solo e tem efeito no desenvolvimento do sistema radicular, estimulando principalmente a formação das raízes secundárias (COELHO, 1973).

A resistência vegetal ao frio, seca e doenças dependem em larga escala de um abastecimento suficiente de potássio (K), que, na maioria dos solos brasileiros, se apresenta em quantidade suficiente (PRIMAVESI, 2002). A importância deste elemento não está em sua quantidade total no solo e, sim, nas diferentes formas de combinações em que estes se encontram. Os sintomas de deficiência aparecem principalmente nas folhas mais velhas, devido ao deslocamento para os pontos de crescimento, ou seja, o nutriente é deslocado das folhas mais velhas para as mais novas da planta (COELHO, 1973).

O enxofre (S) no solo encontra-se principalmente na matéria orgânica, sendo pouco móvel na planta e está contido em todas as proteínas encontradas nos vegetais; tem influência na síntese da clorofila e tem um papel importantíssimo no desenvolvimento das raízes (COELHO, 1973). É um nutriente necessário para formar aminoácidos essenciais, cuja ausência compromete as formações das proteínas vegetais.

O cálcio (Ca) provém de rochas e minerais da qual foi formado, sendo o segundo elemento mais abundante nas plantas depois do potássio e tem grande importância no desenvolvimento e funcionamento das raízes, além de ser necessário nas formações de folhas das plantas (COELHO, 1973).

O magnésio (Mg) aparece no solo em muito menor quantidade que o cálcio, porém tendo um comportamento muito similar a este elemento, sendo um dos constituintes da clorofila e entrando na composição dos tecidos das plantas (COELHO, 1973). Os teores de cálcio e magnésio representam um excelente elemento neutralizante da acidez do solo (SILVA, 1997).

São considerados micronutrientes os elementos, ferro, manganês, zinco, cobre, boro, cloro e molibdênio. Sua quantidade e distribuição no solo dependem principalmente das rochas que lhes deram origem, tendo também a matéria orgânica no solo como principal fonte secundária (COELHO, 1973).

O cobre tem importante função no metabolismo da raiz; o ferro tem como principal função agir como catalisador na produção de clorofila; o manganês apresenta alta concentração no solo, onde o seu excesso pode reduzir o crescimento e causar efeitos tóxicos a planta; o boro faz parte da estrutura do vegetal onde ele se torna imóvel, requerendo suprimento durante todo o crescimento. O molibdênio apresenta um grande papel na fixação de nitrogênio por microorganismos e processos de transformação de nitrogênio na planta e o zinco é um importante constituinte de vários componentes enzimáticos que regulam diversas atividades de metabolismo da planta (COELHO, 1973).

2. 2. 2.1.2 Características químicas do solo no crescimento da Araucária

O efeito mais importante da deficiência mineral do solo é a redução do ritmo de crescimento das plantas (SIMÕES, 1972), porém CASSOL (1982), HOPPE (1980) e DIETRICH (1979) constataram que as características químicas do solo, obtidas em laboratório não representam os melhores parâmetros para explicar a variação do crescimento e produtividade de *Araucaria angustifolia*.

Esta baixa correlação entre o crescimento das árvores e o resultado da análise química de solo, deve-se ao fato de que esta indica apenas as concentrações dos nutrientes que, teoricamente, estariam disponíveis para a planta em apenas um estrato do solo, não constituindo um indicador seguro da disponibilidade de nutrientes, devido à grande profundidade das raízes (SIMÕES, 1972).

Outro fator muito importante que pode explicar esta baixa correlação é considerar que a força de extração das raízes é a mesma do solvente usado em laboratório. TOMÉ JUNIOR (1997) explica que estes extratores (solventes)

tentam simular a ação das raízes das plantas e devem existir concentrações específicas para cada cultura.

SIMÕES (1972) estudou o efeito da omissão de nutrientes na alimentação mineral da *Araucaria angustifolia* cultivado em vaso, e verificou que a omissão de fósforo e nitrogênio causou os mais sérios prejuízos ao desenvolvimento do pinheiro. Na omissão dos elementos potássio, cálcio, magnésio, enxofre e micronutrientes o desenvolvimento foi menos afetado.

DE HOOGH (1981) relacionou fatores climáticos, geográficos, topográficos e edáficos com o índice de sítio de *Araucaria angustifolia* e constatou que o nitrogênio tem grande influência no crescimento da espécie, aliado ao fósforo, potássio, cálcio, cobre e boro.

HOPPE (1980) verificou correlação positiva de crescimento para variável alumínio e nitrogênio, tendo os demais nutrientes apresentado correlações negativas com desenvolvimento da *Araucaria angustifolia*. Constatou, ainda, que o nitrogênio é o principal elemento limitante do crescimento da espécie, juntamente com o fósforo, cobre e boro.

O teor de cálcio e magnésio no solo foi estudado por diversos autores, tendo VAN GOOR (1965) afirmado que um teor abaixo de 2 me/100g destes elementos no solo é considerado fator limitante para o crescimento da *Araucaria angustifolia*.

DE HOOGH e DIETRICH (1979) constataram que a percentagem de saturação de bases (%V) foi o fator químico do solo com maior significância sobre a qualidade de sítio da *Araucaria angustifolia*. Este valor está fortemente relacionado com o conteúdo de Cálcio e Magnésio, confirmando a verificação de VAN GOOR (1965).

CASSOL (1982), no entanto, constatou que os teores de cálcio e magnésio foram estatisticamente inferiores nos solos mais produtivos, correlacionando-se negativamente com o crescimento e produção da *Araucaria angustifolia*. Afirma, ainda, que os baixos teores de nutrientes encontrados nos solos mais produtivos estão associados à alta ciclagem. Esta afirmação é corroborada por ANDRAE e KRAPPENBAUER (1983), que verificaram que os níveis de cálcio e magnésio e também nitrogênio, fósforo,

potássio e alumínio foram superiores na madeira, casca, raízes e serapilheira em relação ao solo.

Outra possível explicação para estes resultados opostos é mostrado por DE HOOGH e DIETRICH (1979), que verificam que as culturas florestais são de longa rotação e possivelmente, os teores trocáveis em um momento, podem estar disponíveis para planta, outros não, ocorrendo assim um erro na interpretação na análise química do solo.

CASSOL (1982) obteve correlações positivas entre os níveis de alumínio no solo e o crescimento da *Araucaria angustifolia*, sendo que HOPPE (1980) também obteve o mesmo resultado, justificado pela alta acidez encontrada no solo. SIMÕES (1972) mostrou resultados diferentes desses autores, constatando que o alumínio foi prejudicial ao crescimento da espécie. Provavelmente no caso de CASSOL (1982) e HOPPE (1980) o efeito negativo do Alumínio foi neutralizado pelas ótimas características físicas e morfológicas dos solos.

BLUM (1980) coloca em dúvida a suposição da toxicidade do Alumínio para as plantas adultas como fator limitante para o crescimento da *Araucaria angustifolia*, por haver encontrado um baixo teor deste elemento nas acículas jovens e alto teor em acículas adultas.

2. 2. 2.1.3 Características físicas e morfológicas do solo

O desenvolvimento da *Araucaria angustifolia* não pode e nem deve ser analisado somente em termos de expressões químicas. Também deve-se investigar as características físicas e mecânicas do solo, já que a espécie tem acusado melhor índice de crescimento nos solos de textura granular e aerados, onde as raízes encontram maior capacidade de penetração (MACHADO e SIQUEIRA, 1980).

As características físicas do solo segundo VAN LAAR (1981)², citado por GERHARD (2001) facilitam mais as previsões sobre a qualidade de sítio quando comparadas às químicas

A limitação do seu crescimento pode ser atribuída às propriedades físicas e morfológicas do solo. Uma boa profundidade do solo, associada a boas características físicas, possibilita a utilização de uma maior área para a penetração das raízes, desenvolvendo-se uma raiz pivotante que pode atingir até 4 metros de profundidade. Dessa forma a planta pode buscar uma maior quantidade de nutrientes disponíveis no solo (CASSOL, 1982).

O sistema radicular da araucária não tolera más propriedades físicas do solo tais como compactação, baixa porosidade e solos rasos, que prejudicam o crescimento das raízes (BLUM, 1980).

HOPPE (1980) constatou que as propriedades físicas do solo apresentaram maior influência no crescimento e produção da *Araucaria angustifolia*, se comparadas às propriedades químicas. As correlações negativas apresentadas entre as propriedades químicas do solo e o crescimento e produção da espécie são consequência de uma menor fertilidade do latossolo; no entanto suas características físicas proporcionam um melhor desenvolvimento radicular devido a uma boa porosidade que, por sua vez, promove uma maior atividade biológica.

VAN GOOR (1965) afirma que a profundidade do solo é um fator limitante para o crescimento da *Araucaria angustifolia*, onde um mínimo de 70 a 100 cm é necessário para um bom crescimento, sendo este resultado confirmado por CASSOL (1982) que obteve maiores crescimento da espécie, em solos profundos acima de 1 metro de profundidade e DE HOOGH e DIETRICH (1979) que também constataram que para um bom crescimento, a profundidade do solo deve ser superior a 1 metro.

A porosidade do solo apresenta relação com o crescimento vegetal, e auxilia na retenção de água e ar no solo para suprimento das plantas (TOMÉ JUNIOR, 1997). CASSOL (1982) não encontrou correlação entre as variáveis

² VAN LAAR, A. Biomass parameter in studies of the effect of site and silviculture on production . In: IUFRO WORLD CONGRESS, 17. 1981, KYOTO. **Anais...** Kyoto: IUFRO, 1981. p .120-124.

porosidade total, macro e microporosidade, com o crescimento e produção da *Araucaria angustifolia*.

HOPPE (1980) verificou existir correlação positiva entre os dados de porosidade, água retida no solo, e teor de argila com parâmetros de crescimento e produção da *Araucaria angustifolia*; teores de areia grossa e silte apresentaram correlação negativa.

Em relação às frações granulométricas do solo, CASSOL (1982) não constatou correlação entre o crescimento em altura dominante da *Araucaria angustifolia* com as frações de areia grossa e fina, porém detectou uma correlação negativa com o teor de silte e uma correlação positiva com o teor de argila do solo.

2. 2. 2.1.4 Técnicas estatísticas para verificar a relação Solo - Crescimento

CASSOL (1980), estudando a relação entre características químicas e físicas do solo com o crescimento e produção de *Araucaria angustifolia*, utilizou técnica de regressão linear simples e teste de F e Tukey.

HOPPE (1980) pesquisou as relações entre os dados analíticos de solo e de acículas com o crescimento e produção da *Araucaria angustifolia* e utilizou como ferramenta estatística a análise de correlação linear simples, onde as variáveis dendrométricas como altura dominante, IPA (Incremento Periódico Anual) e ICA (Incremento Corrente Anual) foram consideradas como variáveis dependentes e os dados analíticos de solo como variáveis independentes. As variáveis do crescimento e produtividade da *Araucaria angustifolia* e as características dos solos foram analisadas utilizando delineamento inteiramente casualizado, análise de regressão e a comparação das médias foi feita pelo teste de Tukey e F significativo ao nível de 5 % de probabilidade.

BRUM (1979) estudou as relações entre altura dominante e os fatores químicos e físicos do solo para *Pinus elliottii*, selecionando as variáveis através de técnicas de correlação simples e regressão múltipla. Na correlação simples a autora comparou todas as variáveis estudadas com a altura dominante e verificou seu comportamento. Na análise de regressão linear múltipla, a escolha das variáveis que entrariam no modelo foi executada através do

processo estatístico “forward”. Este processo consiste em entradas parciais de variáveis no modelo até quando o teste de hipótese de F para a variável não apresentar diferença significativa, sendo, portanto, a variável rejeitada.

Quando um conjunto de dados é composto de inúmeras variáveis, a identificação de quais são as mais expressivas para explicar a variabilidade do sistema representa um problema típico a ser resolvido pela técnica de estatística multivariada. Através desta técnica os dados de variáveis aleatórias, através de um procedimento de álgebra matricial, são explorados de forma a se conhecer melhor sua capacidade de representação de um sistema aleatório qualquer (MAESTRI, 2003).

Há poucos anos o método multivariado disponível era menos poderoso se comparado ao presente, pois necessitava capacidades superiores às que os computadores podiam realizar. Para a manipulação dos dados de forma eficiente e apropriada deve-se seguir estratégias básicas, que constam de análise direta de gradiente, método de ordenação e métodos de classificação (GAUCH, 1982).

A análise direta do gradiente está no fornecimento de parâmetros para que a comunidade ecológica não seja sub e superestimada e se utilizam apenas simples procedimentos gráficos, onde sumariza e revela a estrutura dos dados multivariados (GAUCH, 1982).

A estratégia de ordenação esforça-se em descrever fielmente as amostras em um espaço dimensional menor, onde o produto final é um gráfico no qual as amostras diferentes estão distantes entre si e as semelhantes próximas. As principais técnicas de ordenação são a Análise de componentes principais e Análise fatorial (GAUCH, 1982).

Existem dois tipos de estratégias de agrupamento: (1) Análise discriminante, que aloca indivíduos em classe previamente estabelecidas e (2) Análise de agrupamento, que cria classes a partir de informações contidas nos dados (GAUCH, 1982).

Pode-se utilizar três métodos de agrupamento: (1) Tabela de arranjo; (2) Classificação não-hierárquica e (3) Classificação Hierárquica que coloca amostras similares em agrupamentos e, adicionalmente, arranja os grupos

dentro de uma hierarquia, em uma estrutura chamada de dendrograma, que indica as relações entre os grupos (GAUCH, 1982).

A análise discriminante trata de separar conjuntos distintos de objetos e fixar novos objetos em conjuntos já pré-definidos, através da seleção de variáveis que apresentam maiores valores de discriminação (SCHEEREN, 1998).

SCHEEREN (1998) utilizou ferramentas estatísticas de análise multivariada para o estudo do efeito dos nutrientes do solo e da copa no crescimento da *Araucaria angustifolia*; as análises fatorial, *cluster* e discriminante selecionaram nove variáveis com alto poder discriminante em 3 grupos distintos de dados, apresentando uma percentagem de 100% de indivíduos classificados corretamente.

MAESTRI (2003) desenvolveu modelos de crescimento e produção para *Eucalyptus grandis* considerando variáveis ambientais e selecionou as variáveis que mais se correlacionavam com o crescimento da espécie utilizando ferramentas de análise de Componente Principais (ACP) e Regressão Linear Múltipla. A ACP escolheu as variáveis que apresentavam maior correlação com o crescimento e produção. Já para a análise de regressão múltipla foi utilizado o procedimento de eliminação de variáveis “Backward”, onde todas as variáveis selecionadas pela ACP entram no modelo matemático, e foram sendo retiradas uma de cada vez a partir da avaliação da significância parcial do modelo, através do teste F.

2.3 CRESCIMENTO E PRODUÇÃO

O estudo do crescimento e produção e o entendimento deste processo na floresta são ferramentas básicas para um posterior planejamento do manejo florestal, devido à necessidade de se obter previsões da produção futura, baseadas em poucas medições (PRODAN, 1997).

Por definição, crescimento é o incremento gradual de um organismo ou população em um determinado período de tempo e, produção, é o crescimento acumulado em uma determinada idade (SPURR, 1952).

Quando as dimensões de um organismo ou população são plotadas sobre as suas respectivas idades, a curva apresenta uma forma sigmoidal ou “S”, e mostra o crescimento acumulado em um determinado período, denominado de curva de produção (HUSCH et al., 1982).

Esta curva (Fig.1) mostra o tamanho alcançado em cada idade, começando do ponto zero e subindo primeiramente de forma lenta até um ponto de inflexão. Após este ponto, a curva muda de concavidade, a inclinação diminui e aproxima-se assintoticamente do valor final (FINGER, 1992).

O incremento das dimensões de uma árvore pode ser quantificado em diferentes períodos, porém quando é definido o intervalo de medições em períodos anuais, tem-se o *incremento corrente anual* (ICA). A curva de crescimento é obtida associando-se os valores de ICA às suas respectivas idades (HUSCH et al., 1982).

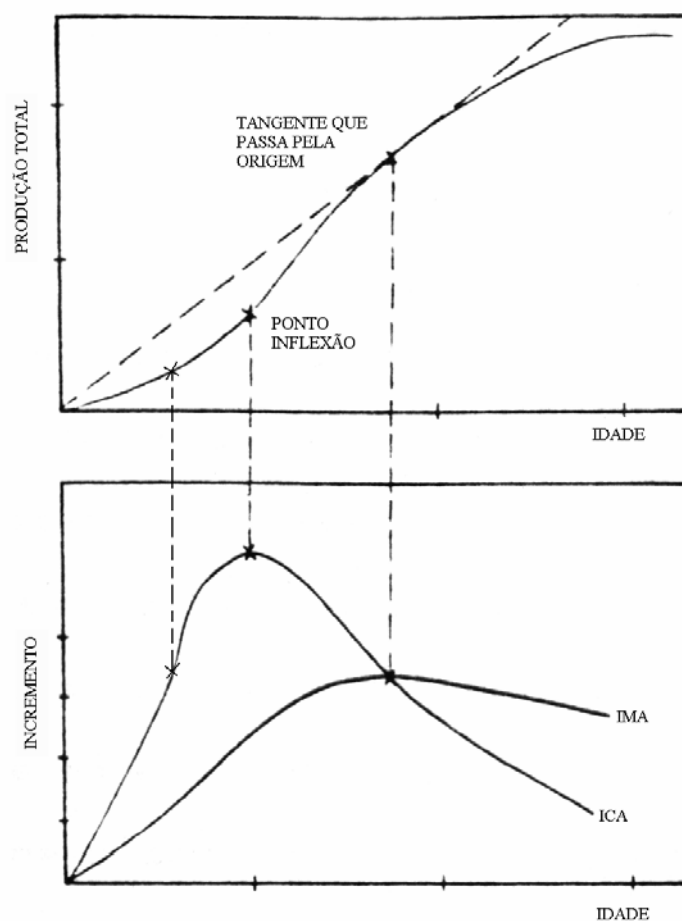
A curva de produção é dividida basicamente em três períodos. O primeiro período é definido como a fase juvenil e apresenta uma alta aceleração do crescimento (SPURR, 1952). Neste período a taxa de crescimento atinge o valor máximo, fazendo coincidir o ponto de inflexão da curva de produção com o valor máximo da curva de crescimento ICA (HUSCH et al., 1982).

O segundo período é denominado de período de maturação e apresenta um baixo nível de crescimento. Este estágio é caracterizado pelo valor máximo do IMA coincidindo com o ponto de tangência máxima na curva de produção. Este ponto também coincide com o cruzamento das curvas de IMA e ICA (CRECHI, 1996). HUSCH (1982) define *incremento médio anual* (IMA) como sendo o incremento médio anual para cada ano, calculado dividindo-se o crescimento cumulativo pela idade.

No terceiro período o crescimento é interrompido e a árvore atinge a dimensão máxima, denominada de fase de senescência (HUSCH et al., 1982).

É importante observar que as fases de crescimento apresentam um tempo fisiológico para cada espécie. Uma árvore de Pinus com 15 anos de idade, por exemplo, poderá ser fisiologicamente mais velha que uma araucária de mesma idade, devido ao fato de o Pinus ter um desenvolvimento mais acelerado que a outra espécie (FINGER, 1992).

FIGURA 1: CURVAS DE PRODUÇÃO E INCREMENTO



FONTE: Adaptado de ASSMANN (1970)

O manejo florestal demanda dados em forma de séries temporais sobre a produção do povoamento em termos de diâmetro, altura, área basal, volume e biomassa. Estes dados podem ser conseguidos através de medições periódicas de parcelas permanentes num inventário florestal contínuo, análise de tronco parcial utilizando rolos de incremento ou, ainda, por análise de tronco completa (ROSOT, 2002).

Avaliar a produção através de inventários florestais contínuos utilizando unidades amostrais permanentes, implica na tomada de dados em longos períodos de tempo, acarretando alto custos e demora para obtenção de dados confiáveis, o que em geral equivale a uma rotação. Desta forma a análise de tronco adquire uma importância singular, pois em qualquer época pode-se reconstruir o crescimento passado de uma árvore desde o estado de plântula

até o momento de abate, desde que a espécie em questão possua anéis de crescimento anuais facilmente observáveis (FINGER, 1992).

2.3.1 Formação dos anéis de crescimento

O crescimento das árvores consiste na atividade dos meristemas primário e secundário; o meristema primário estabelece o crescimento em altura e o meristema secundário ou câmbio é responsável pelo crescimento em diâmetro da árvore (HUSCH et al., 1982).

O anel de crescimento surge com a atividade cambial da árvore, onde camadas justapostas de material lenhoso surgem ano a ano, e uma nova camada de lenho no período vegetativo envolve antigas formações (GOMES, 1957).

A composição típica da camada anual de lenho de uma espécie que a apresenta bem individualizada é formada no início do período vegetativo por elementos longitudinais com paredes celulares finas e lúmens grandes (lenho primaveril) e elementos no fim do período, com paredes muito espessas e lúmens reduzidos (lenho outonal) (GOMES, 1957).

A identificação da camada anual do anel de crescimento sucede para o exterior com uma zona clara que determina o início do período vegetativo, denominado lenho primaveril; logo após, uma transição suave para uma coloração escura, é denominada de formação intermediária, e, por fim, uma zona densa e escura denominada lenho outonal; o fim do período vegetativo é caracterizado por um final abrupto do lenho outonal (GOMES, 1957).

Normalmente, em zonas de clima temperado, os anéis de crescimento representam o incremento anual da árvore. Em locais onde as condições climáticas se mantêm constantes durante grande parte do ano, os anéis de crescimento são pouco evidentes, dependendo, obviamente, das características próprias da espécie (RICHTER e BURGER, 1978).

Em termos gerais, o estudo dos anéis de crescimento nas gimnospermas é mais simples do que nas angiospermas pelo fato de as primeiras se caracterizarem por uma forma de crescimento relativamente simétrica, ramificação monopodial e por troncos aproximadamente cilíndricos

ou cônicos, enquanto que as últimas freqüentemente apresentam crescimento simpodial, troncos assimétricos e sapopemas. Nas gimnospermas ocorre, geralmente, uma transição gradual do lenho primaveril para o lenho outonal (em *Araucaria angustifolia*, p.e.) e uma transição abrupta do lenho outonal para o lenho primaveril do período seguinte (ECKSTEIN et al., 1980).

STOKES e SMILEY (1968) relatam que a presença de uma coloração escura nos anéis do lenho primaveril caracteriza os chamados falsos anéis de crescimento ou duplos anéis. Este fato causa uma complicação na determinação da idade da árvore, bem como na mensuração do crescimento, onde, em um período de um ano são contados dois ou mais pares de anéis.

A atividade do câmbio, porém, não é contínua no tempo nem no espaço. Pode ocorrer generalizadamente na árvore toda em determinadas épocas e, em outras – como durante as secas, por exemplo – pode ser localizada, causando a ausência de anéis ao longo do fuste, dificultando a datação deste (KRAMER e KOZLOWSKI, 1979).

Segundo DÉTIENNE (1989)³ citado por MATTOS (1999), a presença de falsos anéis, ou ausência dos anéis de crescimento, traz em geral, uma certa imprecisão na avaliação da idade. A presença de falsos anéis pode induzir a uma avaliação superestimada, enquanto os anéis ausentes podem levar a subestimava da idade.

2.3.2 Análise de tronco (ANATRO)

A análise de tronco é uma técnica que possibilita o registro do crescimento passado de uma árvore através da medição dos seus anéis de crescimento (HUSCH et al., 1982). A ANATRO pode ser completa ou parcial. No primeiro caso a árvore é abatida e dela retirado um determinado número de fatias ao longo do tronco. Quando a árvore não for abatida, retirando-se apenas um rolo de incremento trata-se da análise de tronco parcial (FINGER, 1992).

NAGEL e ATHARI (1982) consideram a ANATRO uma importante fonte de dados para as seguintes linhas de pesquisa:

³ DÉTIENNE, P. Appearance and periodicity of growth rings in some tropical woods. **IAWA Journal**, Utrecht, v. 10, n.2, p.123-132, 1989.

- a) Investigação sobre a reação do crescimento em relação a fatores ambientais (biótico, abiótico) e ao manejo do povoamento (adubação, poda e desbaste);
- b) Avaliação das alterações de forma em função de fatores mencionados no item (a);
- c) Sincronização das medidas dos anéis de crescimento e determinação do número de anéis ausentes como indicadores do grau de danos sofridos pelas árvores;
- d) Elaboração de modelos de produção.

2.3.2.1 Análise de tronco completa

A técnica de análise de tronco completa consiste na contagem e medições dos anéis de crescimento em diversas seções a diferentes alturas (HUSCH, 1982), obtendo relações entre as variáveis de interesse e idade, permitindo acessar as taxas médias de incremento (CHATURVEDI e KHANNA, 1982).

A inexistência de uma metodologia única para a análise de tronco completa fez com que surgissem diversas alternativas para obtenção dos dados. Ciente deste problema, BARUSSO (1977) apresentou um método completo para análise de tronco, relacionando todas as etapas, que vão desde a escolha da árvore ao ajuste dos modelos matemáticos.

2.3.2.1.1 Coleta e preparo das fatias

A análise de tronco completa inicia com a determinação da árvore a ser abatida. Esta deve ser representativa da população como, por exemplo, aquela correspondente à árvore de diâmetro médio ou de altura dominante (H_{dom}), utilizada para classificação do sítio (FINGER, 1992). Pode-se, ainda, obter amostras que representem toda distribuição diamétrica (SPURR, 1952).

Previamente à derrubada faz-se uma marcação no fuste à altura do DAP (1,30 m). Após o abate faz-se o desgalhamento e fixa-se a trena, fazendo

coincidir 1,30 m com a marcação no fuste. Em seguida procede-se à marcação dos pontos de corte das seções (BARUSSO, 1977).

BARUSSO (1977) recomenda retirar as fatias a 0,0 m, 0,3 m, 1,0 m, 1,3 metros e as demais entre os nós.

As alturas de retirada das fatias a 0,0 m e 1,3 m são consideradas fixas devido à base (0,0 m) representar a idade real e o maior diâmetro da árvore e a altura de 1,30 m permitir a obtenção de dados sobre a dinâmica de DAP, área transversal e fator de forma (FINGER, 1992)..

Além disso, é necessário retirar fatias intermediárias com o objetivo de detectar as mudanças na base da árvore. As demais fatias são cortadas entre os nós, para evitar interferência destes nas medições dos anéis (FINGER, 1992).

BARUSSO (1977) relata que a distância de retirada das fatias acima de 1,30 m vai depender do objetivo da análise de tronco, da espécie em questão e, também, do aproveitamento posterior da árvore derrubada (para serraria, laminação, celulose, resíduo). FINGER (1992) recomenda uma distância de 1 a 2 metros para que não haja perda da precisão.

ROSOT et al. (1993) estudaram o crescimento e produção de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., retirando fatias à altura de 0,0 m; 0,3 m; 0,7 m; 1,3 m e as demais entre verticilos ou a cada 1 metro.

SCHEEREN (1998), estudando efeitos das propriedades químicas do solo e da copa no crescimento e produção da *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze, obteve fatias nas alturas de 0,1 m; 0,5 m; 1,3 m e, acima disto, a cada 2,0 m de altura até o diâmetro limite de 5 cm.

Essas seções devem ser identificadas, transportadas a um laboratório e secadas à sombra para evitar rachaduras. Para uma melhor identificação dos anéis de crescimento, após secas as fatias devem ser lixadas em sua face superior e, se necessário, utilizar produtos químicos para tornar os anéis mais distintos (BARUSSO, 1977).

2.3.2.1.2 Marcação e medições dos raios

A marcação dos anéis é feita sobre raios traçados manualmente com auxílio de uma régua e lápis a partir da medula em direção à casca, onde as medidas permitem uma estimativa dos incrementos anuais (FINGER, 1992).

A escolha do número de raios a serem medidos, bem como a sua disposição nas fatias varia em relação a cada autor (ROSOT, 2002). HUSCH (1982) recomenda a medição de apenas um raio médio de cada seção. Depois de definido, uma linha com o auxílio de um lápis e régua é traçada do centro da árvore à extremidade; a contagem dos anéis é feita no sentido da medula para a casca e as medições dos raios são no sentido casca - medula, sendo registradas as distâncias do centro da seção até os limites dos anéis.

BARUSSO (1977), com auxílio de um compasso fixado no centro de seções de *Pinus sp*, definiu o maior raio e marcou no sentido anti-horário, sete raios adicionais, num ângulo de 45° entre si, totalizando oito raios. Investigando a melhor combinação do número e disposição dos raios de forma a obter um valor médio próximo ao obtido por um planímetro, o autor recomendou a medição de quatro raios que formam um ângulo de 90° entre si, partindo do maior raio e os demais no sentido anti-horário.

SIOSTRZONEK (1958) e WEISE (1987) chegaram a resultados similares em um estudo sobre os erros na obtenção de áreas transversais de fatias do fuste em relação ao número e localização dos raios e a forma do cálculo da média. Ambos salientam que os menores erros em relação à área transversal real são obtidos quando se emprega a média quadrática de oito raios, com ângulo de 45° entre si, independentemente de sua orientação sobre a fatia.

Estes mesmos autores relatam que quando se utiliza a média aritmética, a magnitude do erro depende bastante da ovalidade e excentricidade. Mantendo-se a excentricidade constante, os erros diminuem com o aumento da ovalidade; mantendo-se a ovalidade constante, os erros aumentam com o aumento da excentricidade. O alinhamento ótimo é obtido fazendo-se coincidir um dos quatro ou oito raios a serem medidos com o raio mais longo da fatia.

Na tabela 1 encontram-se relacionados o número de raios e sua respectiva orientação em relação ao raio máximo, bem como o tipo de média que conduz aos menores erros na estimativa de áreas transversais na análise de tronco de *Abies alba* e *Picea abies*.

2.3.3 Novas tendências da análise de tronco

Há diversos métodos para medições dos anéis de crescimento na análise de tronco completa, porém, segundo ROSOT (2002), existe uma tendência em se adotar sistemas que possuam interface eletrônica com um microcomputador, que funciona como um gravador e editor de dados. Pretende-se, com isso, tornar esta metodologia - considerada laboriosa - mais ágil e de fácil aplicação, obtendo-se resultados mais rápidos, principalmente nas coletas das fatias e medição dos anéis de crescimento.

TABELA 1 – ORIENTAÇÃO ÓTIMA DOS RAIOS A SEREM MEDIDOS NA ANATRO, CONFORME A QUANTIDADE DE RAIOS E TIPO DE MÉDIA EMPREGADA

NÚMERO DE RAIOS	MÉDIA	MELHOR ORIENTAÇÃO
4	Aritmética	Um dos raios coincidindo com o raio máximo
	Quadrática	Um dos raios a 22,5°. do raio máximo ¹ , no sentido anti-horário
8	Aritmética	Um dos raios coincidindo com o raio máximo
	Quadrática	Irrelevante

¹Apenas para seções excêntricas e ovais. Se a seção transversal for excêntrica, porém circular, a orientação em relação ao raio máximo é irrelevante.

FONTE: ROSOT (2002)

BIGING e WENSEL (1984) relatam que houve várias tentativas bem sucedidas de métodos que simplificaram a obtenção dos números e medições dos anéis de crescimento na análise de tronco. Visando reduzir o tempo necessário para obter as medições, DOUGLASS (1919)⁴, citado por ROSOT

⁴ DOUGLASS, A. E. Climatic cycles and tree growth: a study of the annual rings of trees in relation to climatic solar activity. **Carnegie Institution of Washington Publication**, v. 289, n. 1, p. 1 – 127, 1919.

(2002), utilizou plástico transparente para obter as dimensões dos anéis de crescimento em campo.

Diversos pesquisadores (BARUSSO, 1977; CHYO et al., 1982; NOGUEIRA, 1989; ROSOT et al., 1993; SCHEEREN, 1998; GERHARD, 2001; ROSOT, 2002) utilizaram o método mais tradicional para medir os raios já definidos nas fatias, empregando régua transparente com auxílio de uma lupa, colocada sobre a fatia e fazendo coincidir o zero da régua com a medula; os comprimentos dos raios para cada anel considerado eram lidos diretamente.

ROSOT (2002) cita em seu trabalho diversos sistemas eletrônicos desenvolvidos principalmente para a dendrocronologia, que é a ciência que estuda a seqüência cronológica de anéis de crescimento com o objetivo de datar eventos.

Um dos primeiros sistemas mecânicos consistia em um microscópio montado sobre uma plataforma que podia ser deslocada ao longo do material a ser medido, de forma que um marcador ocular passasse visualmente sobre o lenho primavera do anel até a margem externa do lenho outonal no mesmo anel; o deslocamento do microscópio ficava registrado num mostrador (STOKES e SMILEY, 1968).

GRAHAM (1980) desenvolveu um equipamento conhecido como Addo-X, semelhante ao citado anteriormente, porém o deslocamento era feito pela plataforma motorizada e os resultados dos anéis eram automaticamente registrados em uma calculadora mecânica e uma perfuradora de cartões IBM 029 cada vez que se pressionava um botão, onde o microscópio ficava fixo a uma base obtendo um erro de 0,001 mm.

LIU (1985) cita o sistema Tree - Ring Scanner, construído em 1982 pelo departamento de Engenharia Florestal de Kentucky (Lexington, E. U. A.), constituído por um sistema de *hardware* e um sistema de *scanner* que possuía três dispositivos, onde o primeiro servia para mover a amostra ao longo do eixo x, y e z (rotação em torno do eixo); o segundo era o de imagem que consistia

em um microscópio com *zoom* de projeção estereoscópica, iluminador e câmera e; o terceiro era um mostrador digital, onde eram visualizadas as medições efetuadas, que podiam ser transmitidas diretamente para o computador apertando-se um botão.

O programa TSAP (*Time Series Analysis Program*), desenvolvido por Frank Rinn e Siegwad Jaekel, em Heidelberg na Alemanha, efetua medições, manipulação de banco de dados e apresentação de séries temporais de anéis de crescimento. Trabalha associado ao equipamento LINTAB (Frank Rinn Distributors, Alemanha) que consiste numa plataforma com mesa móvel onde é colocada a fatia, além de uma pequena manivela para movimentar a mesa. Com o auxílio de lupa o operador determina o limite dos anéis ao longo do(s) raio(s) selecionado(s), sendo que o deslocamento da plataforma que contem o disco equivale à largura do anel. Esse valor é automaticamente registrado e armazenado para cálculos posteriores pressionando-se o botão de um dispositivo eletrônico conectado ao computador e ao equipamento de medição.

Com a evolução dos equipamentos eletrônicos, o uso das fotografias está sendo difundido em vários setores da ciência. Na análise de tronco completa a sua utilização pode eliminar a fase de transporte do material ao laboratório, a secagem e a preparação das fatias para medição, tornando o método mais ágil (ROSOT, 2002). BIGING e WENSEL (1984), utilizaram uma câmera fotográfica de 35 mm com filme colorido para obter fotografias a campo de seções de coníferas para análise de tronco. As transparências fotográficas foram escanizadas e projetadas em tela com aumento de 20 vezes, onde o operador delimitava os limites dos anéis.

GOELZ e BURK (1987) utilizaram uma câmera fotográfica de 35 mm com filme colorido e pancromático para obter fotografias de seções de *Picea abies* e *Abies balsamea* em uma casa de vegetação com 11% de luz incidente. Os resultados mostraram-se satisfatórios para medição dos anéis de crescimento quando comparados com a medição manual.

ROSOT (2002) propôs analisar e comparar procedimentos de obtenção de área transversal para análise de tronco, usando técnicas fotográficas e processamento digital de imagens, estabelecendo uma metodologia para

efetuar mapeamento de seção transversal em ambiente de geoprocessamento, associando informações gráficas e alfanuméricas de anéis de crescimento.

2.3.4 Utilização da análise de tronco em estudo de Crescimento e Produção de Araucária

Diversos autores têm utilizado a análise de tronco para estimar e avaliar o crescimento da *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze, tanto em florestas naturais como em plantações florestais.

ROSOT et al. (1993) elaboraram tabelas de produção para *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. em Rio Negro – PR, utilizando dados de análise de tronco de 24 árvores distribuídas ao longo das classes de diâmetros definidas em relação à média e o desvio padrão,

NOGUEIRA (1989) estudou o crescimento de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. em florestas naturais que sofreram cortes seletivos, utilizando a técnica de análise de tronco em árvores com 3 tipos diferentes de copas.

CHYO (1982) executou análise de tronco de uma *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. nativa de 160 anos do Parque Estadual de Campos do Jordão em SP e constatou que, apesar da idade do pinheiro ser de 160 anos, ainda continua o processo de crescimento em volume.

SCHEEREN (1998) utilizou a técnica de análise de tronco ANATRO para o estudo dos efeitos dos elementos químicos do solo e da copa no crescimento em altura de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. na região de Canela – RS; coletou fatias de árvores de altura dominante, reconstruindo a evolução destas alturas, para comparação dos sítios definidos através de características naturais com sítios definidos através destas alturas dominantes.

2.3.5 Tabelas de produção

Os modelos de crescimento e produção têm evoluído muito desde que, no século XVIII, na Alemanha, PULSEN elaborou a primeira tabela de produção com ajuste gráfico. Nesta época a limitação tecnológica para a

formulação de modelos complexos, trouxe o surgimento de ferramentas simples com utilidades práticas (PRODAN et al., 1997).

As primeiras tabelas de produção elaboradas eram de dupla entrada e relacionavam o volume por unidade de área em função da idade e do sítio (SPURR, 1952). Foram chamadas de tabelas normais, por serem obtidas de florestas que ocupam totalmente o sítio e usam toda sua potencialidade de crescimento (HUSCH et al., 1982).

A realidade mostrava que muito poucos povoamentos eram classificados como normais, sendo necessária a construção de tabelas que levam em consideração técnicas de manejo e silviculturais. Surgem, então, as tabelas de produção empíricas, onde o procedimento de construção é similar à tabela de produção normal, salvo que as unidades amostrais são obtidas de forma aleatória e consideram o estoque médio do povoamento (PRODAN et al., 1997).

Tendo a necessidade de incorporar a densidade como uma variável independente, surgem as tabelas de produção de densidade variável, que mostram a produção em diversos níveis de densidade (HUSCH et al., 1982).

ROSOT et al. (1993) afirmam que as tabelas de produção são importantes para elaborar planos de manejo e podem ser utilizadas para estimar a produtividade de povoamentos que apresentam características semelhantes. Os dados provenientes de análise de tronco são apropriados para este estudo. Os mesmos autores elaboraram tabelas de produção para um povoamento de 23 anos de *Araucaria angustifolia* (Bert) O. Ktze. na Estação Experimental de Rio Negro – PR. Foram utilizadas técnicas de análise de tronco para reconstruir o crescimento passado e coletaram-se árvores que representavam toda a distribuição diamétrica do povoamento, tendo sido definidas sete classes diamétricas em relação à média e ao desvio padrão.

3 MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa se insere no contexto do projeto “Adaptação e validação da tecnologia ANATRO digital para avaliação do crescimento de plantios de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O.Ktze. (pinheiro-do-paraná)”, desenvolvido pela *Embrapa Florestas* em parceria com a Universidade Federal do Paraná.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo consiste em um teste de procedência de *Araucaria angustifolia* na Estação Experimental de Rio Negro da Universidade Federal do Paraná. Até o ano de 1965 a estação experimental pertenceu ao Ministério da Agricultura. A partir desta data passou a atender à Escola Nacional de Florestas que, em parceria com a FAO, desenvolveu estudos e implantou diversos plantios florestais e testes de procedências no local (DRAGO, 1996).

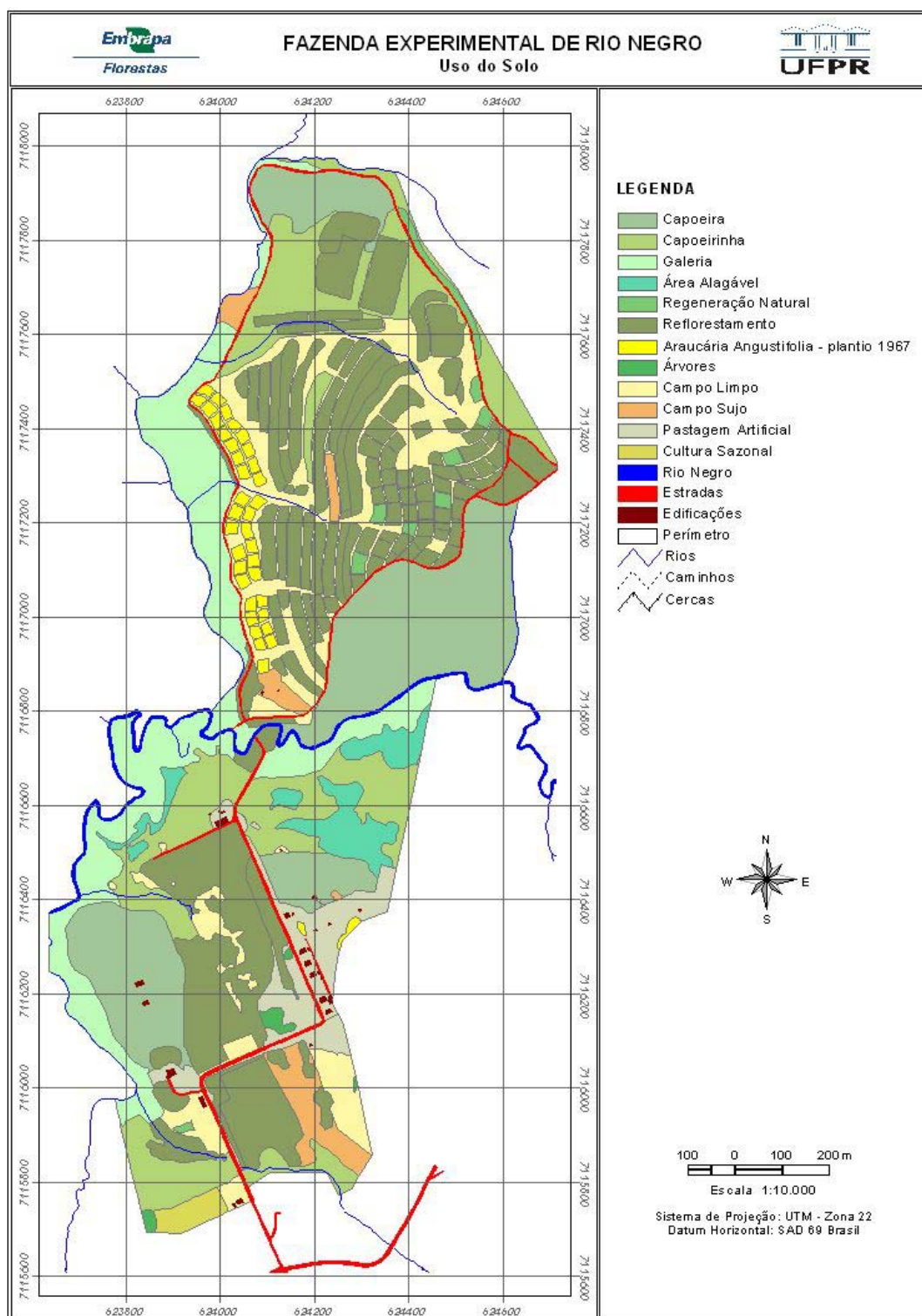
A fazenda situa-se no sul do Estado do Paraná, no Município de Rio Negro, distrito Tijuco Preto, vizinho ao município de Mafra, no Estado de Santa Catarina e apresenta florestas naturais, reflorestamentos, campos, pastagens e outros usos do solo em uma área de 127,59 ha (fig. 2).

MAACK (1981) define o clima da região tipo Cfb (Subtropical quente temperado), com precipitação média anual em torno de 1300,5 mm bem distribuídos ao longo do ano. A temperatura média anual varia de 12°C a 18 °C, com freqüentes geadas no inverno e altitude acima de 800 metros.

3.1.1 Área do experimento

No ano de 1967 na Estação Experimental de Rio Negro, foram instaladas 36 parcelas para um teste de 12 procedências de *Araucaria angustifolia*, utilizando-se o delineamento de blocos ao acaso com 3 repetições para cada procedência. Cada parcela contém 7 linhas e 13 colunas, com espaçamentos de 3 m x 1,90 m respectivamente, totalizando 91 árvores por parcela. A bordadura ficou constituída pelas linhas externas, tornando válidas as 55 árvores centrais da parcela (fig. 3 e 4) (BALDANZI e ARAUJO, 1971).

FIGURA 2 - ESTAÇÃO EXPERIMENTAL DE RIO NEGRO (UFPR).



Fonte: DRAGO (1996)

FIGURA 3 – ÁREA DO EXPERIMENTO NA ESTAÇÃO DE RIO NEGRO.

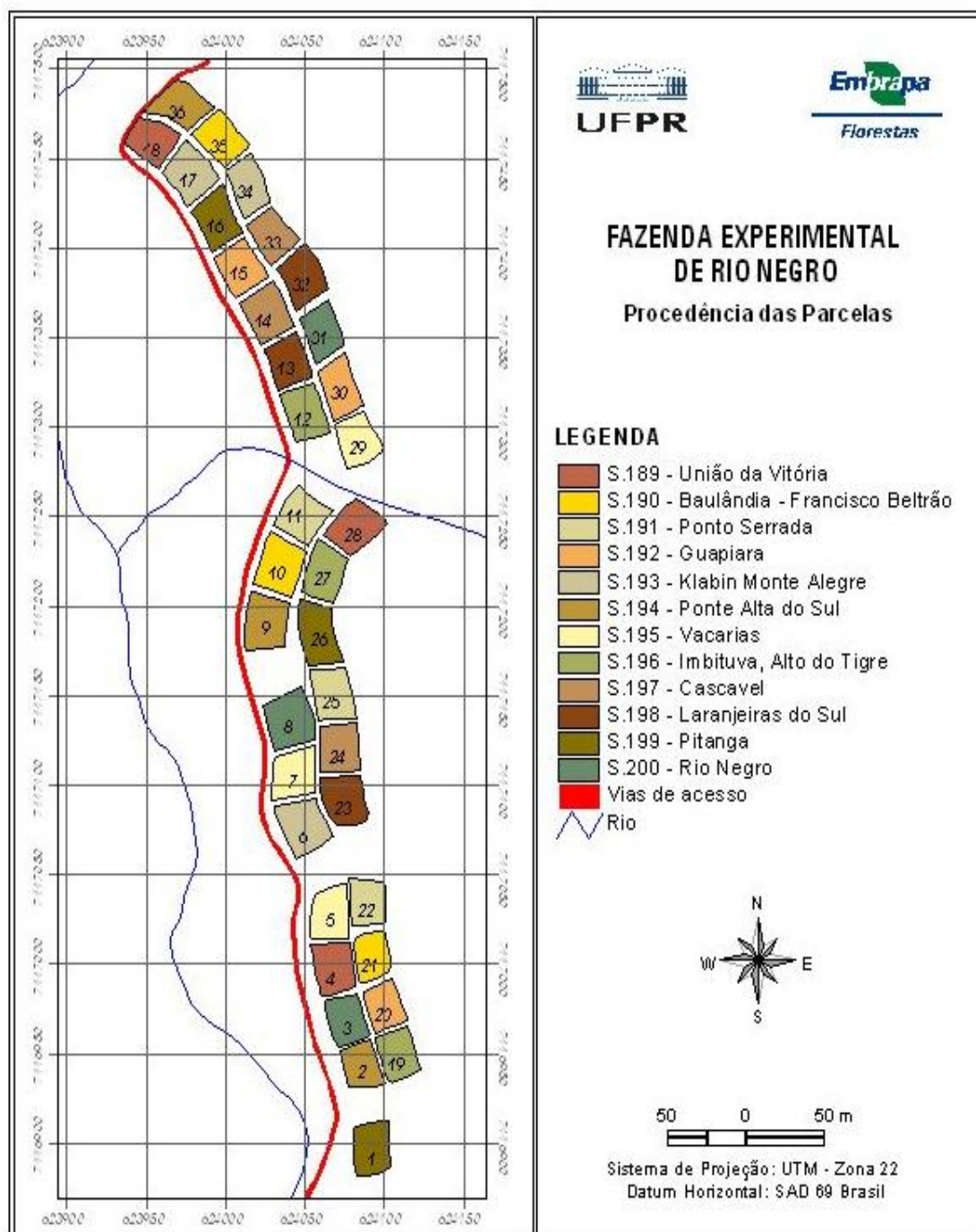
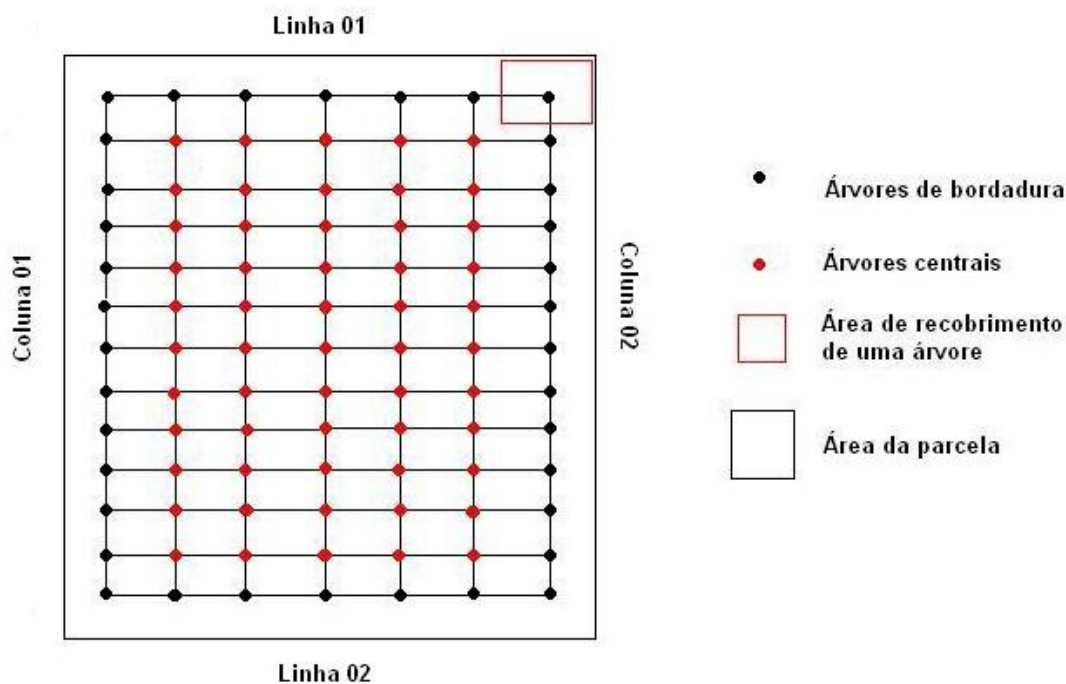


FIGURA 4 – DISPOSIÇÃO INDIVIDUAL DAS ÁRVORES NA PARCELA.

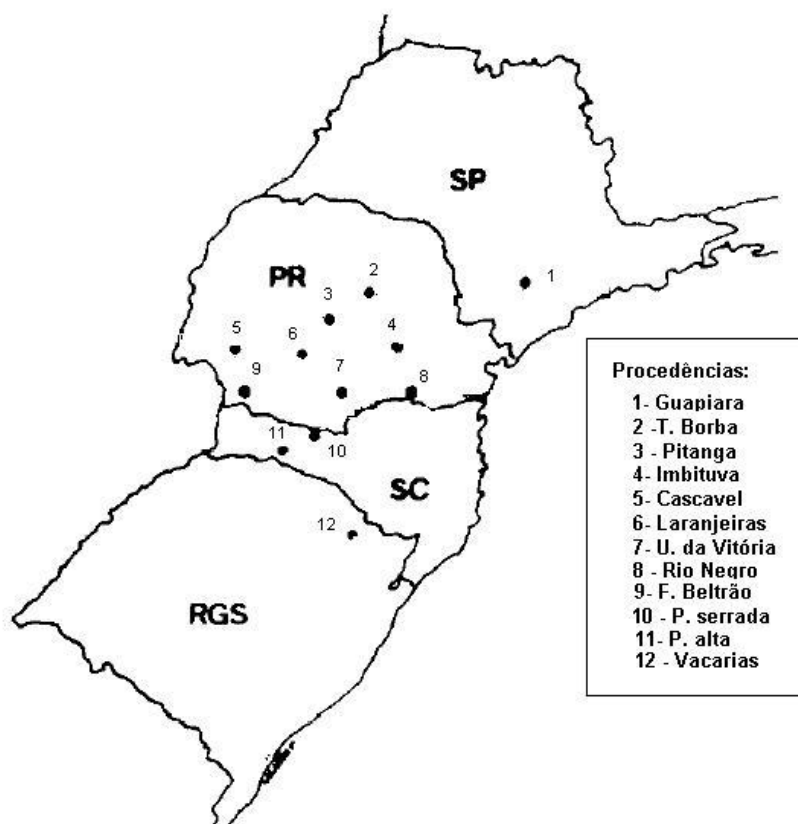


3.1.2 Procedências testadas

Segundo BALDANZI e ARAUJO (1971) a escolha das procedências abrangeu a área de ocorrência natural da espécie conforme a Fig. 5, com maior peso ao Estado do Paraná. São elas:

- Guapiara – SP;
- Telêmaco Borba – PR;
- Pitanga – PR;
- Laranjeiras do Sul – PR;
- Imbituva - PR;
- Rio Negro - PR;
- União da Vitória - PR;
- Ponte Serrada – SC;
- Ponte Alta do Sul – SC;
- Vacaria – RS;
- Cascavel – PR
- Francisco Beltrão – PR.

FIGURA 5 – LOCALIZAÇÃO DAS PROCEDÊNCIAS TESTADAS



FONTE : BALDANZI e ARAUJO (1971)

A semeadura se deu em viveiros em junho de 1967, sendo as mudas transportadas para as parcelas em dezembro do mesmo ano. Nos meses seguintes foram executados replantios nas covas onde ocorreram falhas, usando-se, obviamente, as mudas das mesmas procedências, disponíveis no viveiro (BALDANZI e ARAUJO, 1971).

O solo onde o experimento foi instalado é podzólico vermelho amarelo, fase profunda; com baixa fertilidade. Apresenta alta acidez (pH 4,3), altíssimo teor de alumínio tóxico (3,4 me%), pobre em relação às bases trocáveis e fósforo. Algumas áreas possuem solos de fertilidade ainda mais baixa (BALDANZI e ARAUJO, 1971).

3.2 COLETA DE DADOS

3.2.1 Levantamento dendrométrico

A primeira fase de coleta de dados iniciou-se com a localização das parcelas do experimento e a pintura das circunferências das árvores a 1,30 metros de altura, obtendo-se, assim, as medições do diâmetro à altura do peito (DAP) de todas as árvores, para um posterior cálculo da área basal e ajuste da distribuição diamétrica do povoamento.

Sabendo que as 36 parcelas não apresentam uniformidade em seus espaçamentos, fez-se necessário medir a área total de todas as parcelas, obtendo as medidas dos 4 lados que formam o perímetro destas e utilizando as árvores dos vértices como extremidades. O cálculo da área é mostrado pela seguinte fórmula:

$$S(C/B) = \left[\frac{L1 + \left(\frac{L1}{6}\right) + L2 + \left(\frac{L2}{6}\right)}{2} \right] \times \left[\frac{C1 + \left(\frac{C1}{12}\right) + C2 + \left(\frac{C2}{12}\right)}{2} \right]$$

$$S(S/B) = \left[\frac{L1 - \left(\frac{L1}{6}\right) + L2 - \left(\frac{L2}{6}\right)}{2} \right] \times \left[\frac{C1 - \left(\frac{C1}{12}\right) + C2 - \left(\frac{C2}{12}\right)}{2} \right]$$

Onde:

$S(C/B)$ = Área da parcela com bordadura;

$S(S/B)$ = Área da parcela sem bordadura;

$L1$ e $L2$ = Linhas da parcela;

$C1$ e $C2$ = colunas da parcela.

As alturas dominantes foram obtidas através da metodologia proposta por ASSMAN (1970), em que é definida como a média das 100 árvores mais grossas por hectare. Sabendo que as parcelas sem bordadura medem de 400 a 500 m², obtiveram-se, então, as alturas das 5 árvores mais grossas por

parcela. Esse parâmetro foi utilizado para verificar a existência de diferenças significativas de sítio no experimento, correlacionando esta variável (H_{dom}) com as características de solo e agrupando as parcelas em classes homogêneas de produtividade.

O instrumento utilizado para a obtenção da altura dominante foi o Hipsômetro Vertex que, segundo MACHADO e FIGUEIREDO FILHO (2003), é um aparelho que emprega impulsos ultra-sônicos para medir distâncias, ângulos e alturas, podendo-se assim, medir mais rápida e acuradamente as alturas das árvores em comparação com os hipsômetros convencionais.

3.2.1.1 Derrubada das árvores

3.2.1.1.1 Distribuição diamétrica

A escolha das árvores a serem derrubadas – para a obtenção do volume através da técnica de cubagem e estudo do crescimento e produção pelo método de análise de tronco – foi efetuada através da distribuição diamétrica ajustada a partir dos dados de diâmetro, coletados na etapa anterior.

Para o ajuste desta distribuição, foi considerado apenas o diâmetro do fuste principal das árvores, não se considerando as bifurcações existentes nelas, e excluindo as árvores de bordadura, totalizando um total de 1777 árvores. Estas foram agrupadas com base no diâmetro médio e no desvio padrão do povoamento que, segundo MACHADO e FIGUEIREDO FILHO (2003), é o método mais apropriado no caso de povoamentos florestais, cuja distribuição de diâmetros se aproxima da distribuição normal.

Os intervalos de classes foram definidos com uma amplitude de 1 desvio padrão em relação ao diâmetro médio aritmético, estabelecendo-se três classes de desvio padrão acima do valor médio e três classes de desvio padrão abaixo deste valor (Tab. 2 e Fig. 6).

Foram derrubadas quatro árvores por classe diamétrica, procurando-se abranger de forma completa a amplitude de cada classe, onde foram coletadas: uma árvore com DAP próximo ao limite inferior das classes, duas árvores com DAP em torno do centro das classes e uma árvore no limite superior das

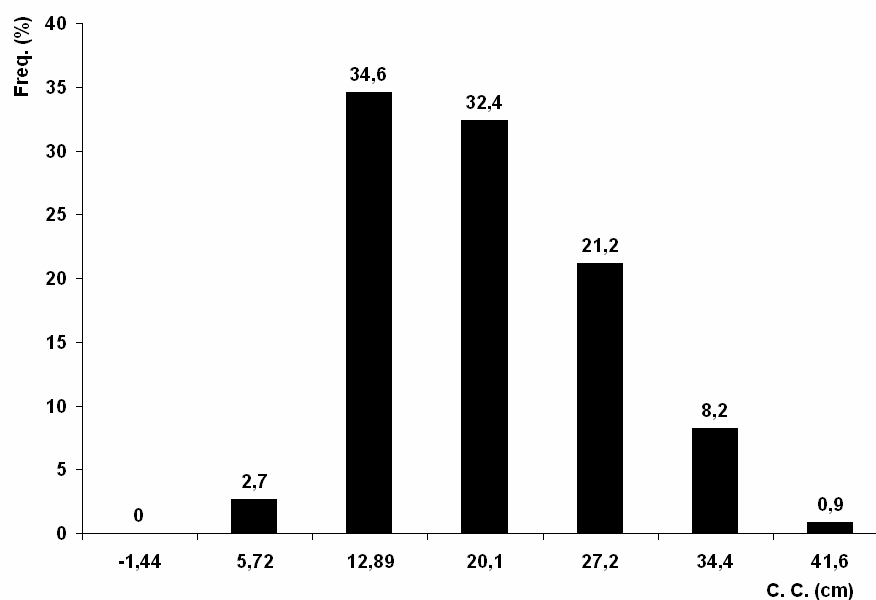
classes, totalizando 24 árvores, devido à classe 1 (DAP -3s) não apresentar nenhum representante.

TABELA 2 – LIMITES E CENTRO DE CLASSES DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA

Classes	Limites de Classes		Centro de Classe
	Inferior	Superior	
1	$\bar{d} - 3,5 s$	$\bar{d} - 2,5 s$	$\bar{d} - 3,0 s$
2	$\bar{d} - 2,5 s$	$\bar{d} - 1,5 s$	$\bar{d} - 2,0 s$
3	$\bar{d} - 1,5 s$	$\bar{d} - 0,5 s$	$\bar{d} - 1,0 s$
4	$\bar{d} - 0,5 s$	$\bar{d} + 0,5 s$	\bar{d}
5	$\bar{d} + 0,5 s$	$\bar{d} + 1,5 s$	$\bar{d} + 1,0 s$
6	$\bar{d} + 1,5 s$	$\bar{d} + 2,5 s$	$\bar{d} + 2,0 s$
7	$\bar{d} + 2,5 s$	$\bar{d} + 3,5 s$	$\bar{d} + 3,0 s$

Fonte : MACHADO e FIGUEIREDO FILHO (2003)

FIGURA 6 – FREQUÊNCIAS DAS CLASSES DIAMÉTRICAS



3.2.1.1.2 Cubagem das árvores

Os volumes das 24 árvores abatidas foram mensurados através da técnica de cubagem que, segundo MACHADO e FIGUEIREDO FILHO (2003), implica na divisão do fuste das árvores em n seções (toras), medindo-se os diâmetros sucessivos ao longo do tronco em alturas absolutas ou relativas e emprego de fórmulas para obtenção do volume de cada tora, onde a soma de todas, resulta no volume total da árvore.

O método de cubagem utilizado foi o de seções relativas, que considera as alturas onde serão obtidos os diâmetros ao longo do tronco, em posições relativas, ou seja, foram obtidos os diâmetros a 15 diferentes alturas relativas à altura total da árvore (H): (0,005H; 0,01H; 0,05H; 0,1H; 0,15H; 0,2H; 0,25H; 0,3H; 0,4H; 0,5H; 0,6H; 0,7H; 0,8H; 0,9H; 0,95H).

O procedimento de cubagem seguiu as seguintes etapas:

- Marca-se e mede-se o DAP da árvore;
- Derruba-se a árvore selecionada;
- Desgalha-se toda a árvore;
- Mede-se a altura total, fazendo-se coincidir a altura de 1,30 m da trena com a marca do DAP;
- Calculam-se as alturas das seções relativas;
- Medem-se os diâmetros e espessura de cascas nas alturas calculadas.

3.2.1.1.3 Coleta das fatias para ANATRO

A coleta das fatias para a análise de tronco (ANATRO) foi executada após o método de cubagem, onde se definiu como procedimento padrão a retirada dos discos a 0,0 m; 0,3 m; 0,7 m e 1,3m e a cada 1 metro, ou entre verticilos, seguindo a metodologia proposta por BARUSSO (1977).

Estas fatias foram numeradas em sua face inferior, apresentando dados do número da árvore e número da seção, sendo a altura em que foram retiradas, marcada em uma ficha de campo.

O procedimento da ANATRO seguiu as seguintes etapas:

- Medição da altura total, fazendo-se coincidir a altura de 1,30 m da trena com a marca do DAP;
- Marcação dos locais de retirada das fatias;
- Corte das fatias marcadas com a motosserra;
- Numeração das fatias;
- Armazenamento em sacos para transporte ao laboratório.

3.2.2 Amostragem do solo

A amostragem do solo deve ser executada de forma cuidadosa e com critérios previamente definidos, uma vez que uma pequena quantidade de solo recolhida deverá representar as características de uma grande área (SARRAT e OLIVEIRA, 2002).

Foram coletadas amostras de solo para cada parcela do experimento, visando uma posterior análise química e física e a investigação de correlações com o crescimento e produção de *Araucaria angustifolia*.

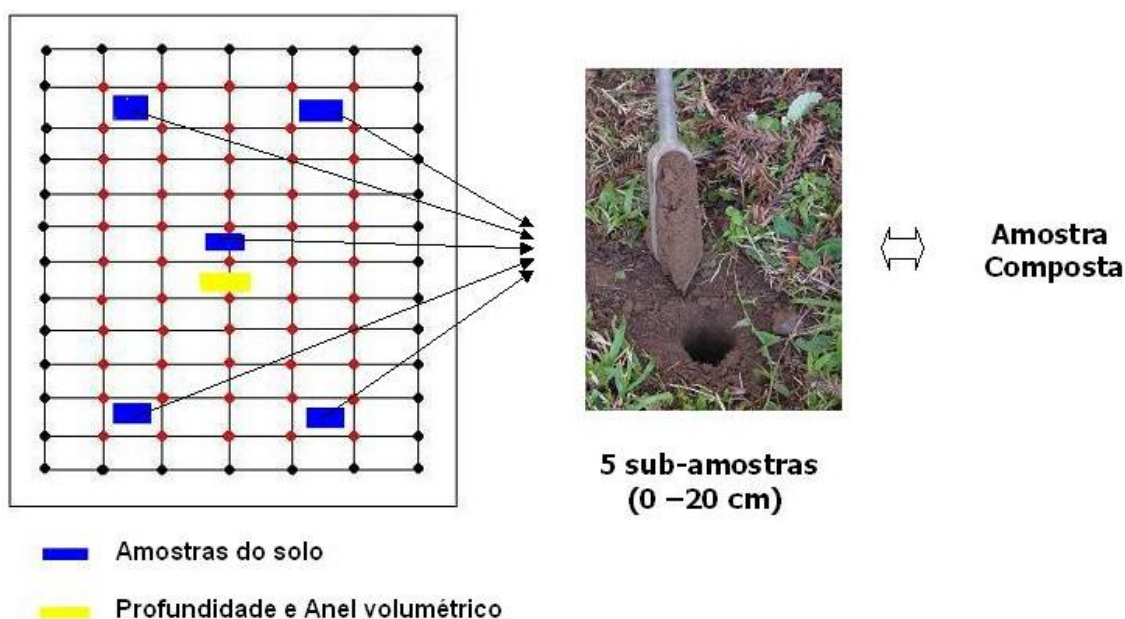
Para cada parcela foram retiradas cinco subamostras, que formaram uma amostra composta. Estas amostras foram retiradas a uma profundidade de 0 – 20cm com trado holandês, uma vez que esta camada de solo mostra teores de nutrientes mais correlacionados com o crescimento da árvore, conforme indicado por SARRAT e OLIVEIRA (2002).

Mesmo as parcelas tendo sido plantadas em curvas de nível, estão dispostas em áreas de declive e locais de drenagem de água, mostrando a possibilidade de haver solos heterogêneos em uma mesma parcela, cuja área varia em torno de 500 m². Devido a esta condição, as subamostras foram alocadas de forma a abranger a possível variabilidade do solo, sendo, então, retirada uma amostra no centro e quatro próximas aos vértices da parcela conforme a Fig. 7.

Na superfície do local onde se coletaram as amostras, foram descartados os restos de plantas, folhas e galhos, tendo-se, porém, o cuidado de não remover a camada superficial do solo. As porções de solo coletadas foram colocadas em um balde de plástico e misturadas, separando-se uma quantidade de 500 gramas por parcela para análise.

A profundidade do solo de cada parcela foi verificada utilizando-se o trado holandês a uma profundidade de 1,80 m no solo. Além disso, para cada parcela foi retirada uma amostra do solo em estrutura indeformada, em um anel volumétrico de volume conhecido, a fim de mensurar a densidade e porosidade do solo.

FIGURA 7 – DISPOSIÇÃO DAS AMOSTRAS DE SOLO NAS PARCELAS.



3.3 PROCEDIMENTOS DE LABORATÓRIO

3.3.1 Procedimento para análise de tronco

As fatias coletadas em campo foram levadas ao laboratório, onde se efetuou uma secagem preliminar natural à sombra, em local arejado com as fatias em pé. Posteriormente foram levadas a uma estufa à temperatura de 60 °C para acelerar o processo, permanecendo as fatias de cada árvore em média 7 dias na estufa para obter uma boa secagem.

Após secas, iniciou-se o processo de lixamento com lixas mais grossas (40) e progressivamente mais finas (150) até que os anéis ficassem bem evidenciados.

A marcação dos raios foi definida através da metodologia proposta por SIOSTRZONEK (1958) e WEISE (1987), em que a marcação de oito raios com ângulo de 45° entre si, independentemente de sua orientação na fatia e calculando-se a média quadrática dos raios, gera o menor erro na obtenção de áreas transversais das fatias do fuste.

Os limites dos anéis foram marcados nos oito raios definidos, utilizando como ferramenta de apoio uma lupa acoplada com luz fluorescente para melhor diferenciação destes (Fig. 8). A contagem foi no sentido casca – medula e tomou-se o cuidado de verificar se todos os raios apresentavam o mesmo número de anéis, conforme tabela específica mostrada no Apêndice 1. Esse procedimento permitiu verificar a presença de falsos anéis ou crescimento nulo em determinada idade.

FIGURA 8 – MATERIAL UTILIZADO PARA MARCAÇÃO DOS RAIOS E ANÉIS.



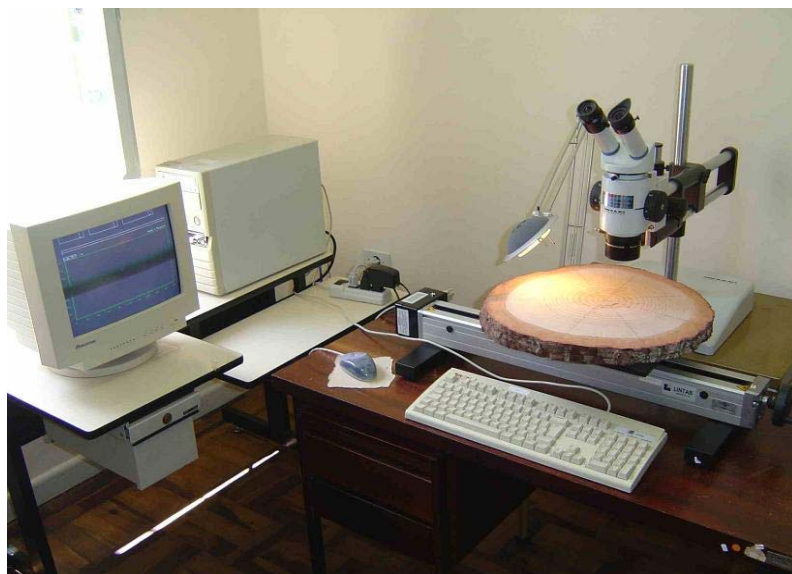
Para a medição dos anéis já marcados nas fatias, foi utilizado o equipamento LINTAB, que consiste em uma plataforma com deslocamento

horizontal através do acionamento de uma rosca manual sem fim. Este aparelho é conectado a um computador e utiliza o programa TSAP desenvolvido no sistema operacional MS DOS para mensurar o deslocamento da plataforma. Sua precisão é de milésimos de milímetro (0,001 mm), e para a percepção destas medidas se utiliza uma lupa sobre o objeto de medição (Fig. 9).

As fatias foram dispostas sobre a plataforma e fez-se coincidir o centro da mira da lupa com o centro da medula da fatia já marcada anteriormente. Com o acionamento da rosca manual sem fim iniciaram-se as medidas dos anéis no sentido medula – casca, onde, ao final de cada anel de crescimento, definido do início do lenho primaveril até o término do lenho outonal, obtinha-se uma medida individual, representando os dados de ICA (Incremento Corrente Anual) a cada idade. Se, por exemplo, um determinado raio marcava 23 anéis de crescimento, eram obtidos para este raio 23 dados de ICA, onde a primeira medida mostrava o anel mais próximo à medula e o último a espessura de casca, totalizando 24 medidas.

Este procedimento foi repetido para os oito anéis marcados em cada fatia e estes foram gravados em arquivos de formato texto (txt), posteriormente exportados para uma planilha eletrônica (Apêndice 2).

FIGURA 9 – SISTEMA DE MEDIÇÃO DE FATIAS (MICROCOMPUTADOR, LUPA E LINTAB)



A tabulação dos dados foi executada no *software* Excel. Com a somatória dos dados de ICA da medula até a casca foram gerados 8 raios para cada idade, onde o raio médio de cada idade foi obtido pela média quadrática dos raios.

$$r_m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n r_i^2}{n}} \quad i = 1, 2, \dots, 8$$

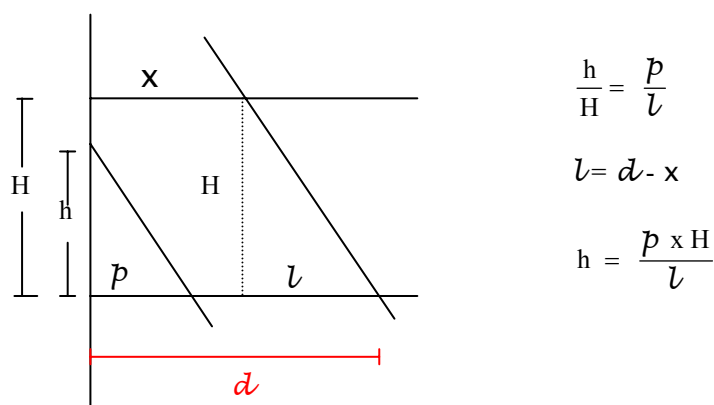
Sendo: r_m = raio médio quadrático;

r_1, r_2, \dots, r_8 = raios medidos, variando de 1 a 8.

Com os dados do raio médio para cada idade, foram calculados os diâmetros de cada idade para cada fatia, utilizado posteriormente para o cálculo do volume da secção.

Para a definição da altura utilizou-se o método trigonométrico (fig. 10), que considera que o término do anel se dá de acordo com o ângulo de saída da última fatia onde aparece e é igual ao ângulo imediatamente posterior (mais externo, da medula para fora) (HUSCH et al., 1982).

FIGURA 10 – DIAGRAMA DO MÉTODO DO TRIGONOMÉTRICO PARA INTERPOLAÇÃO DA ALTURA DO TÉRMINO DO ANEL



Fonte: ROSOT (2002)

Onde:

H = comprimento da secção

h = altura do término do anel

d = comprimento do penúltimo raio da fatia inferior

p = comprimento do último raio da fatia inferior

x = comprimento do último raio da fatia superior

A altura total da árvore na idade correspondente ao anel foi obtida somando-se a altura de tomada da fatia inferior à altura estimada do término do anel.

Os volumes dos anéis em cada seção foram computados pelo método de Smalian, utilizando-se os diâmetros de duas fatias consecutivas (inferior e superior); foi calculada a área transversal média, depois multiplicada pelo comprimento da seção.

3.3.2 Procedimento analítico de solo

As amostras de solos coletadas de cada parcela foram enviadas ao Laboratório de Solos da Embrapa Florestas no Município de Colombo, região metropolitana de Curitiba, obtendo-se, assim, dados químicos e físicos, juntamente com os dados já coletados em campo, como profundidade e declividade do terreno.

Para a análise química, foram obtidos dados de acidez ativa (pH) em CaCl_2 , macronutrientes como fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e nitrogênio (N) em cmolc/dm^3 , micronutrientes como ferro (Fe), cobre (Cu), manganês (Mn) e zinco (Zn) em mg/dm^3 e outros nutrientes importantes para o desenvolvimento da planta como o sódio (Na) em mg/dm^3 e alumínio (Al) em cmolc/dm^3 .

Na análise física, foram obtidos a densidade do solo em Kg/dm^3 , umidade em g/g e cm^3/cm^3 , porosidade total em g/g e cm^3/cm^3 , macroporosidade em g/g e cm^3/cm^3 , microporosidade em g/g e cm^3/cm^3 , e dados de textura em percentagem de areia grossa, areia fina, silte e argila.

Estes dados foram agrupados em uma planilha eletrônica do *software* Excel, obtendo-se dados de solos discriminados para cada uma das 36 parcelas do experimento (Apêndice 3).

3.4 PROCESSAMENTO DOS DADOS

3.4.1 Organização de banco de dados

Devido à grande quantidade de dados obtidos em campo fez-se necessário organizar um banco de dados relacional, para uma melhor ordenação das informações. Para este trabalho foi utilizado o *software Access*, sendo o banco de dados dividido em cinco partes: Tabelas, Formulários, Consultas, Macros, Módulos e Relatório. Na presente pesquisa empregaram-se apenas as ferramentas de Tabelas, Consultas e Relatório.

As tabelas são os dados de origem do banco de dados e o estabelecimento de relacionamentos consistentes entre elas proporciona mais flexibilidade na obtenção de informações. Foram elaboradas diversas formas de relacionamento entre tabelas, podendo-se, assim, trabalhar com árvores individuais em seus respectivos posicionamentos, bem como quantificar dados por procedências e parcelas, considerando ou não as árvores de bordadura.

As ferramentas de consulta têm como função recuperar dados de tabelas com base em algum critério. Foram elaboradas diversas consultas, visando obter as principais variáveis requeridas para o trabalho, como altura dominante média, área basal, mortalidade, altura, volume e outras, para cada parcela e procedência.

Os relatórios foram utilizados de modo a apresentar dados de tabelas e consultas de forma mais resumida e clara, facilitando assim, sua interpretação.

3.4.2 Obtenção da altura e volume das árvores

Considerando que apenas a variável DAP foi medida para todas as árvores do experimento, foi necessário estimar outras variáveis igualmente importantes e necessárias para o planejamento florestal, dentre elas, a altura total e volume de todas as árvores.

Foram amostradas árvores, escolhidas em função da distribuição diamétrica, para ajuste de modelos matemáticos que estimam estas variáveis para todas as árvores.

As funções matemáticas foram ajustadas pelo método de regressão linear, considerando-se como critério para a seleção do melhor modelo o coeficiente de determinação (R^2) que expressa a quantidade da variação total explicada pela regressão, o erro padrão da estimativa (Syx) que expressa a dispersão entre os valores observados e estimados pela regressão e a análise gráfica dos resíduos (FINGER, 1992).

3.4.2.1 Relação hipsométrica

Para o ajuste desta relação foram utilizadas as medidas de DAP e altura total coletados para cubagem e ANATRO, obtendo-se assim dados de 24 árvores que abrangem toda a variação diamétrica. Utilizou-se como ferramenta o método de regressão linear no *software* Excel, testando-se quatro modelos lineares:

$$1) H = b_0 + b_1.DAP + b_2.DAP^2 \text{ (Modelo Parabólico)}$$

$$2) H = b_0 + b_1.Ln(DAP) \text{ (Modelo de Henricksen)}$$

$$3) Ln(H) = b_0 + b_1.Ln(DAP) \text{ (Modelo de Stofells)}$$

$$4) Ln(H) = b_0 + b_1.1/DAP \text{ (Modelo de Curtis)}$$

Em que:

H = Altura total da árvore;

DAP = Diâmetro à altura do peito (1,30 m);

Ln = logaritmo natural da altura total;

b_0 e b_1 = coeficientes de regressão.

3.4.2.2 Equações de volume

Para obtenção do volume individual das 24 árvores abatidas foi utilizado o método de SMALIAN, que calcula o volume de cada seção considerando um cilindro onde a área da base é o produto da média das áreas transversais da

base e do topo da seção pelo comprimento da seção, considerando a última seção a figura geométrica de um cone (FINGER, 1992).

O ajuste do modelo matemático seguiu a mesma metodologia utilizada para obter as alturas, tendo as árvores cubadas servido como base de dados para o ajuste das equações de volume com e sem casca da árvore individual.

Foram testados cinco modelos matemáticos:

- 1) $Ln(V) = b_0 + b_1.Ln(DAP)$ (Modelo de Husch)
- 2) $V = b_0 + b_1.DAP^2.H$ (Modelo de Spurr)
- 3) $Ln(V) = b_0 + b_1.Ln(DAP) + b_2.Ln(H)$ (Modelo de Schumacher)
- 4) $V = b_0 + b_1.DAP^2 + b_2.DAP^2.H + b_3.H^2$ (Modelo de Stoa)
- 5) $V = H.(b_0 + b_1.DAP + b_2.DAP^2)$ (Modelo de Péllico Neto)

Em que:

V = Volume total da árvore;

H = Altura total da árvore;

DAP = Diâmetro à altura do peito (1,30 m);

Ln = logaritmo natural da altura total;

b_0 e b_1 = coeficientes de regressão.

3.4.3 Avaliação da capacidade produtiva (Sítio)

3.4.3.1 Método dendrométrico para determinação de sítio

Pelo fato de o experimento estar instalado em curvas de nível e abranger uma área considerável que possibilita a ocorrência de diversas qualidades de sítio, fez-se necessária uma análise da altura dominante, área transversal e volume das procedências e parcelas, para verificar, principalmente, se a capacidade de produção do experimento está relacionada à qualidade das sementes (procedências) ou apenas às parcelas individuais, identificando-se, assim, possíveis classes de sítio.

A análise de variância com subamostragem foi utilizada para verificar se as diferenças significativas estão ligadas à presença de raças geográficas, ou às classes de sítio na área do experimento, considerando as parcelas individualmente.

Para este teste foram consideradas as procedências como tratamento, a média das alturas dominantes, área transversal e volume de cada parcela como repetição e as medidas das árvores individuais nas parcelas como sub - repetições. Assim, obteve-se um total de 12 tratamentos, 36 repetições e 180 sub - repetições para altura dominante e 1980 sub - repetições para área transversal e volume.

Uma vez constatada a existência de diferenças estatisticamente significativas entre os dados testados, foi utilizado o teste estatístico de comparação de média de Tukey, que define uma distância mínima entre os dados, com base na variância, através de uma constante calculada, para que estes possam ser considerados homogêneos.

3.4.3.2 Determinação ecológica do sítio

3.4.3.2.1 Correlação entre as variáveis

Os dados de análise química, física e morfológica dos solos foram correlacionados com a altura dominante, DAP, altura média, área basal e volume das parcelas, utilizando a técnica de correlação linear simples. Esta análise determina o grau de afinidade entre duas variáveis, sendo esta relação obtida através do coeficiente de correlação (r).

O valor de r varia de -1 a $+1$, podendo representar as seguintes situações (SILVA, 1999):

- Se $r = -1$, o grau de ajustamento é perfeito com todos os pontos sobre a reta, que tem um sentido decrescente;
- Se $r = 1$, o grau de ajustamento é perfeito com todos os pontos sobre a reta, que tem um sentido crescente;
- Se $r = 0$, neste caso teórico, há uma ausência total de relação entre as variáveis.

- Se $0 < r < 1$, neste caso não se verifica um ajuste perfeito da reta, porém se percebe um sentido positivo nas relações das variáveis;
- Se $-1 < r < 0$, neste caso não se verifica um ajuste perfeito da reta, porém se percebe um sentido negativo nas relações das variáveis.

3.4.3.2.2 Análise multivariada

Pela necessidade de agrupar as parcelas de acordo com as características do solo e posteriormente comparar estes grupos em relação às suas alturas dominantes, ou seja, correlacionando uma das causas (solos) com o efeito (H Dom) na variação de produtividade, fez-se necessário utilizar a ferramenta estatística de análise multivariada.

A análise multivariada é um conjunto de técnicas estatísticas que trata de dados correspondentes às medidas de muitas variáveis simultaneamente (GERHARDT et al., 2001), tendo o propósito de tratar os dados como um todo e revelando sua estrutura. Os métodos multivariados utilizados foram o de análise de agrupamento e análise discriminante.

A análise de grupamento cria classes ou agrupamentos a partir de informações contidas na matriz de dados. Neste trabalho esta análise foi utilizada para formar grupos de parcelas semelhantes a partir dos dados de análise de solos, contendo a matriz de dados informações químicas, físicas e morfológicas do solo.

Utilizou-se o Método Aglomerativo Hierárquico que, segundo SCHEEREN (1998), considera uma série de fusões sucessivas, até esgotar-se a possibilidade de combinação, onde inicialmente cada parcela representa um grupo, até formarem todas um grupo único à medida que as similaridades são expandidas.

Para a união dos grupos foi considerado o método *Ward*, em que se utiliza a análise de variância para calcular a distância entre grupos, ou seja, tenta-se minimizar a soma quadrática de dois agrupamentos hipotéticos. Em geral este método é muito eficiente e tende a criar grupos pequenos (STATISTICA, 1995).

Segundo MALLO (1985)⁷, citado por GERHARDT et al. (2001), para o estudo de diferenças entre grupos formados, evidenciando quais as principais variáveis que os diferenciam, emprega-se a técnica de Análise Discriminante. Neste trabalho utilizou-se a análise discriminante para verificar qual variável do solo apresentou maior valor de discriminação dos grupos formados pela análise de agrupamento, buscando, também, determinar as funções que permitam classificar novas parcelas nos grupos já formados.

O método de STEPWISE foi utilizado para discriminar as variáveis de solo que entram na análise. Estas variáveis são agrupadas em sucessivos casos, onde, para cada caso, a variável que apresenta maior valor de F e este seja maior que o valor especificado, é incluída no modelo. A seleção irá terminar quando não houver variáveis que apresentem valor de F maior que o especificado (STATISTICA, 1995).

3.4.4 Desenvolvimento de tabela de produção

Os dados de DAP, altura e volume para cada ano desde o início do plantio em 1967 até a data de coleta de dados em 2005, foram obtidos através da reconstituição do crescimento passado pela técnica de análise de tronco completa.

Considerando cada classe diamétrica separadamente, as estimativas obtidas para cada árvore em termos de DAP, altura total e volume a cada idade, foram somadas e divididas pelo número de árvores da classe (quatro), resultando em uma árvore média representativa da classe.

Utilizando-se estes dados médios, foram elaboradas tabelas de produção relativas ao desenvolvimento das três variáveis estudadas para cada classe diamétrica em suas respectivas idades.

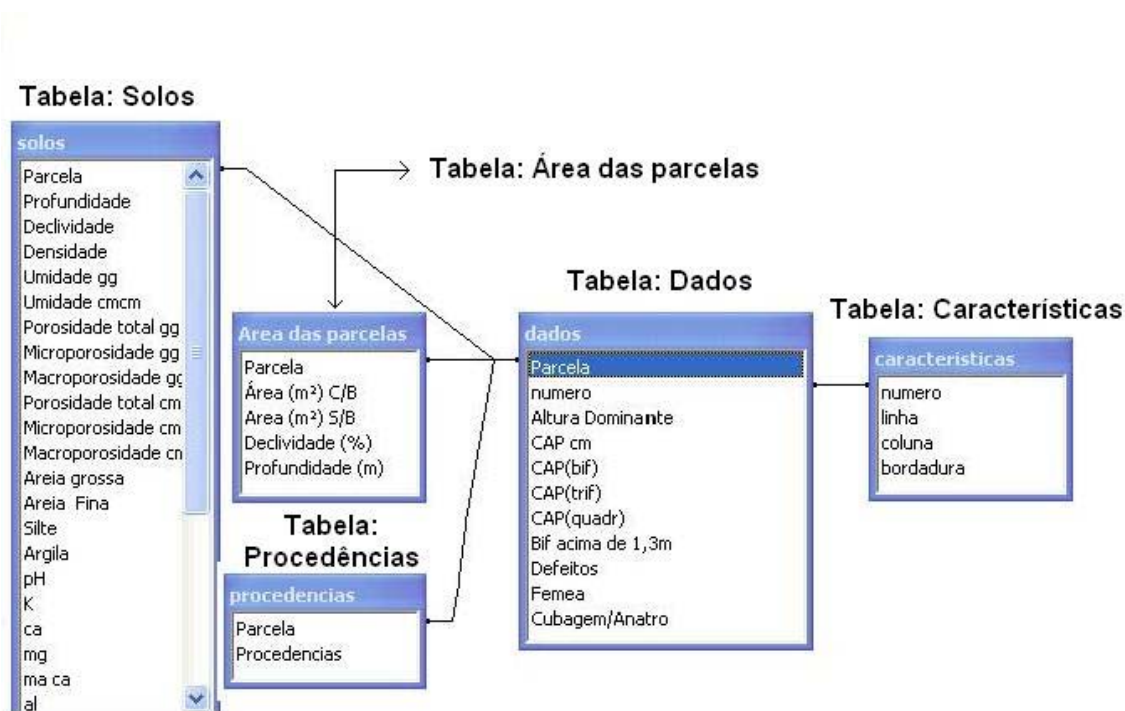
⁷ MALLO, F. **Análisis de componentes principales y técnicas factoriales relacionadas: teoría, computación y aplicaciones.** León: Universidad de León, 1985. 523 p.

4 RESULTADOS

4.1 BANCO DE DADOS

O desenvolvimento do banco de dados relacional se iniciou com a organização dos dados da tabela denominada “dados” no *software* Excel, logo após importadas para o *software* Access. Esta tabela foi formada com 11 campos que definem as características dos dados coletados e 3276 registros, que representam a posição de uma árvore (Fig. 11).

FIGURA 11 - RELACIONAMENTO DAS TABELAS DO BANCO DE DADOS



As características dos campos da tabela “dados” foram definidas como:

- Parcelas: mostra as parcelas em que estão inseridas as árvores, podendo variar de 1 a 36;
- Número: mostra a posição de uma árvore em cada parcela (1-91);
- Altura dominante: O valor da altura dominante em metros, caso esta tenha sido obtida para esta árvore;

- CAP: os valores de CAP (cm) para cada árvore; caso seja uma falha ou morta foi inserido valor zero;
- CAP (bif.), CAP (trif), CAP (Quadr): Mostra os valores caso estas árvores sejam bifurcadas, trifurcadas ou quadrifurcadas, respectivamente. Deste modo estas não entram como um novo registro e, sim, complementam os valores de uma árvore individual, ou seja, pode-se garantir que, mesmo que a árvore seja bifurcada, ela vai ocupar apenas um registro no banco de dados;
- Bif. Acima de 1,30 m, Defeito e Fêmea: Apresenta, em formato texto, a presença destas características;
- Cubagem/Anatro: Mostra se a árvore foi derrubada para esta função.

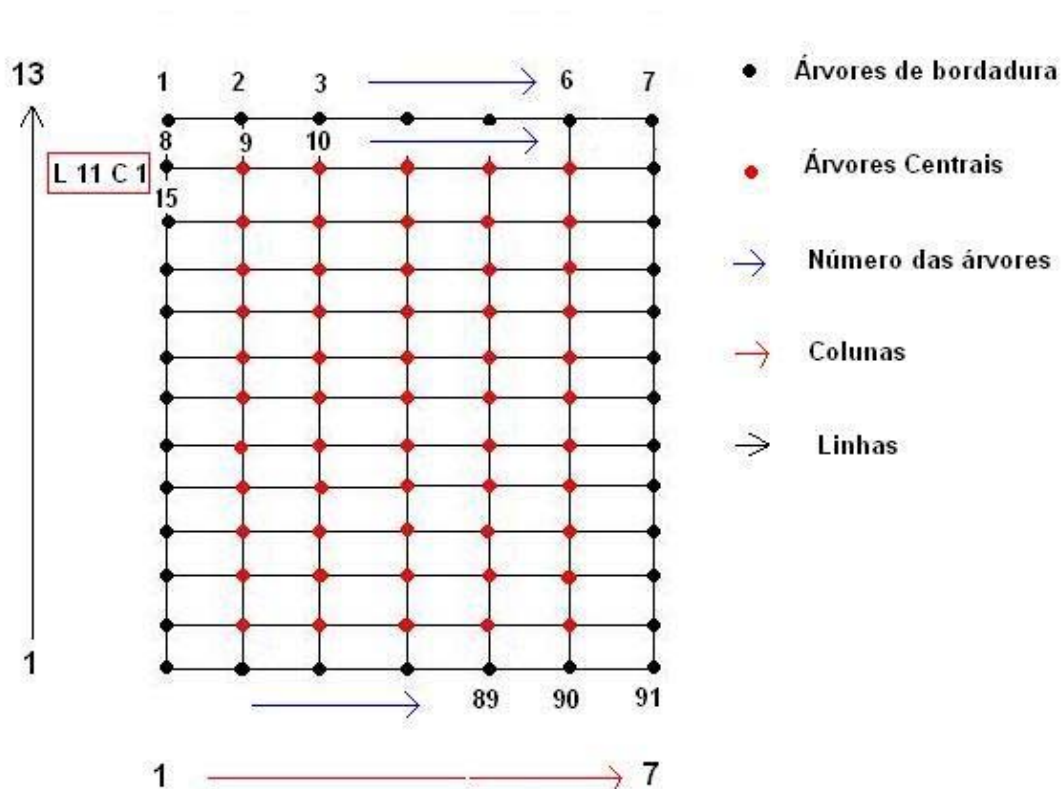
A tabela denominada “Característica” foi desenvolvida para a possibilidade de se trabalhar com o posicionamento de cada árvore dentro das parcelas. Está relacionada com a tabela “dados” através da característica números, ou seja, existem 91 possíveis posições dentro de cada parcela. Para cada um destes números foi definida uma posição de linha e coluna e se esta árvore está na bordadura ou não.

A Figura 12 mostra o número que cada árvore ocupa na parcela e seu respectivo posicionamento. Por exemplo, sabe-se que todas as árvores que tenham o número 15 na tabela “dados” estão na linha 11 coluna 1 e são árvores de bordadura.

Também foram desenvolvidos relacionamentos do campo Parcelas da Tabela “dados” com as tabelas de “solos”, “área das parcelas”, e “procedência” podendo-se, assim, obter consultas que discriminam dados de solos ou variáveis dendrométricas por parcelas ou procedência e, também, extrapolar dados para unidade de área (p. ex.: hectare).

O banco de dados desenvolvido foi utilizado durante todo o trabalho. As consultas foram efetuadas a partir do surgimento das necessidades de dados elaborados, obtendo-se principalmente, a altura dominante média, área basal e volume das árvores não localizadas na bordadura, para as parcelas e procedências. Os resultados foram emitidos em relatório (Apêndice 4).

FIGURA 12 – NUMERAÇÃO E DISPOSIÇÃO DAS ÁRVORES NAS PARCELAS



4.2 Aspecto dendrométrico dos dados

4.2.1 Relação hipsométrica

Os modelos testados para estimar a altura apresentaram bom ajuste e uma boa dispersão dos pontos ao longo da distribuição diamétrica, explicando satisfatoriamente a variação de altura presente na área do experimento.

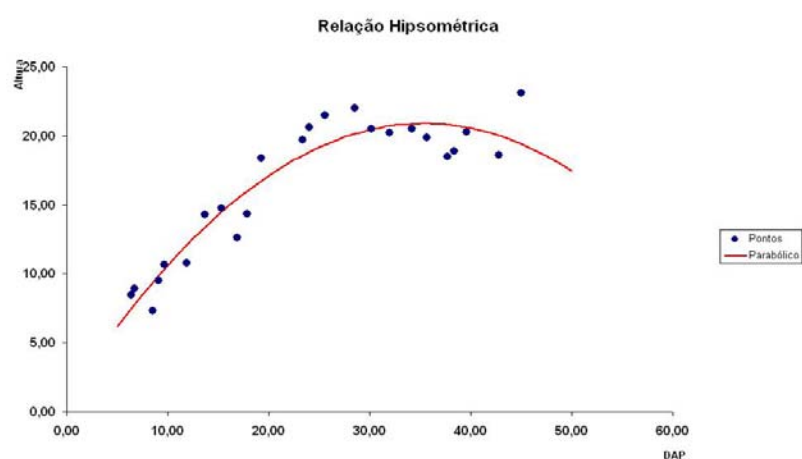
O modelo parabólico obteve melhores valores de R^2 e $Syx\%$ (Tab. 3), porém em uma análise gráfica pode-se observar uma tendência de subestimar as alturas em árvores de maiores diâmetros (Fig. 13a). Isto se explica pela própria natureza do modelo em formar parábolas.

O modelo de Henricksen (fig. 13b), embora não tendo apresentado os melhores valores de R^2 e $Syx\%$ (0,8467 e 12,08 respectivamente), demonstrou uma melhor tendência de ajuste, observada na análise gráfica dos resíduos (fig. 14), sendo escolhido para estimar as alturas de todo o povoamento.

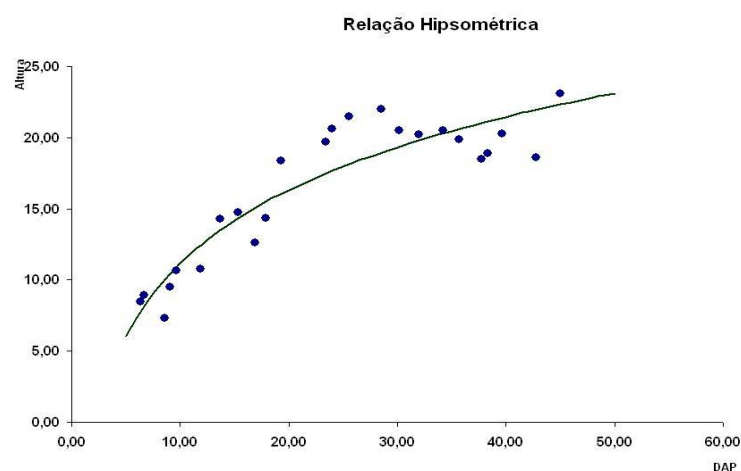
TABELA 3 – COEFICIENTES E ESTIMADORES DE AJUSTE E PRECISÃO PARA RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA.

Modelos	Coefficientes	R ² ajustado	Syx %
Parabólico	$b_0 = 0,8854$ $b_1 = 1,1315$ $b_2 = -0,0159$	0,890	10,43
Henricksen	$b_0 = -5,9247$ $b_1 = 7,4221$	0,846	12,08
Stofells	$b_0 = 1,1582$ $b_1 = 0,5271$	0,853	14,14
Curtis	$b_0 = 3,2293$ $b_1 = -8,1125$	0,869	11,30

FIGURA 13 - CURVAS DE REGRESSÃO DOS MODELOS AJUSTADOS E PONTOS OBSERVADOS.

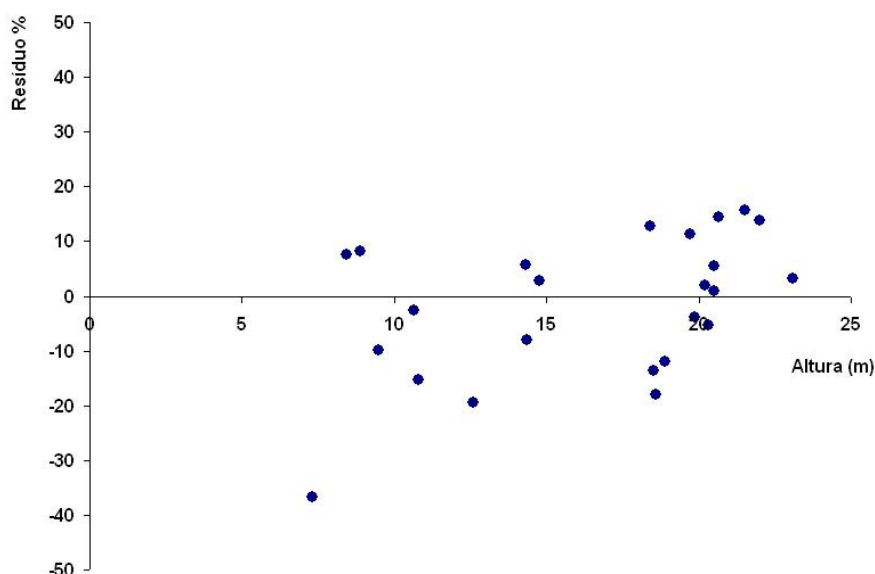


(a) Modelo Parabólico



(b) Modelo de Henricksen

FIGURA 14 – DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA O MODELO DE HENRICKSEN.



4.2.2 FUNÇÕES DE VOLUME

Foram ajustados cinco modelos para estimar o volume das árvores individuais com e sem casca (Tab. 4 e 5), sendo escolhido o modelo proposto por PÉLLICO NETTO (1986) pelo fato de ter apresentado valores satisfatórios de R^2 e $Syx\%$ de 0,99 e 0,33 para o volume com casca, e 0,99 e 0,51 para o volume sem casca, apresentando ambos modelos uma boa dispersão dos resíduos.

Os demais modelos testados apresentaram bons ajustes e podem ser utilizados para o experimento em questão, não sendo recomendado o modelo de HUSCH por apresentar um alto valor de $Syx\%$ e alta dispersão dos resíduos.

TABELA 4 – COEFICIENTES E ESTIMADORES DE AJUSTE E PRECISÃO PARA FUNÇÕES DE VOLUME COM CASCA

Modelos	Coeficientes	R ² ajustado	Syx %
HUSCH	b ₀ = -8,66207 b ₁ = 2,4520	0,99	19,39
SPURR	b ₀ = 0,0125 b ₁ = 4,09E-05	0,99	6,83
SCHUMACHER	b ₀ = -9,60029 b ₁ = 2,02503 b ₂ = 0,81006	0,99	9,78
STOAT	b ₀ = -0,00910 b ₁ = 3,24E-05 b ₂ = 3,83E-05 b ₃ = 0,000118	0,99	6,91
PÉLLICO NETTO	b ₀ = -0,00089 b ₁ = 0,000174 b ₂ = 3,734E-05	0,99	0,33

TABELA 5 - COEFICIENTES E ESTIMADORES DE AJUSTE E PRECISÃO PARA FUNÇÕES DE VOLUME SEM CASCA

Modelos	Coeficientes	R ² ajustado	Syx %
HUSCH	b ₀ = -8,8930 b ₁ = 2,42965	0,99	22,18
SPURR	b ₀ = 0,00512 b ₁ = 0,00003	0,98	10,22
SCHUMACHER	b ₀ = -9,77201 b ₁ = 2,02963 b ₂ = 0,75887	0,99	13,52
STOAT	b ₀ = 0,01625 b ₁ = -0,00028 b ₂ = 0,00004 b ₃ = 0,00003	0,99	9,11
PÉLLICO NETTO	b ₀ = -0,00013 b ₁ = 0,00007 b ₂ = 0,00002	0,98	0,51

4. 3 ANÁLISE DOS FATORES QUE DETERMINAM O SÍTIO

Com a finalidade de determinar a capacidade produtiva nas diferentes parcelas, dentro do experimento estudado, foi efetuada uma análise dos prováveis fatores que afetam a produtividade do povoamento. PRODAN et al. (1997) afirmam que os principais fatores que influenciam o sítio são climáticos, biológicos, edáficos e topográficos. Neste trabalho considerou-se o fator climático constante, devido às dimensões reduzidas da área de estudo.

4.3.1 Avaliação dendrométrica

Em uma análise exploratória dos dados e através de observações dos elementos dendrométricos feitas em campo, pôde-se constatar uma variação na produtividade das parcelas. Assim, procurou-se determinar os fatores que explicam essa variação.

Sabendo que a área do experimento consiste em um teste de procedências, onde foram testadas sementes de 12 diferentes regiões de ocorrência natural da araucária, o fator biológico foi considerado, devido à variabilidade genética presente neste experimento. A ANOVA com subamostragem foi utilizada para este fim.

A ANOVA com sub-amostragem para a variável altura dominante (Tab.6), mostrou não existir diferenças significativas entre tratamentos para uma probabilidade de 95%, onde o F calculado e o $F_{11,24}(0,05)$ tabelado mostraram valores de 1,706 e 2,216 respectivamente. Como o F calculado é menor que o $F_{11,24}(0,05)$ tabelado não se pode rejeitar a hipótese H_0 , de que não existe diferença significativa para a altura dominante entre as procedências. Considerando as repetições dentro do tratamento para uma probabilidade de 95%, constatou-se que o valor de F calculado é maior que $F_{11,24}(0,05)$ tabelado, rejeitando-se a hipótese H_0 , podendo-se afirmar que a altura dominante de pelo menos uma parcela é estatisticamente diferente das demais.

Para a ANOVA da área transversal, constatou-se resultados semelhantes aos encontrados para a variável altura dominante, onde não se encontrou diferenças significativas entre as procedências e, sim, diferença de área transversal entre parcelas (Tab. 7).

Para a variável Volume, através da ANOVA (Tab. 8), foi verificada a não existência de diferenças significativas entre procedências e parcelas, onde em ambos os casos o valor de *F tabelado* foi maior que o *F calculado*.

TABELA 6 - ANOVA COM SUBAMOSTRAGEM PARA ALTURA DOMINANTE (m).

ANOVA	GL	SQ	QM	F	F tab (0,05)
Entre parcelas (repetições)	35	358,8784			
Entre procedências (tratamento)	11	157,5011	14,31828	1,706442	2,216311
Entre repetições dentro do tratamento	24	201,3773	8,390722	6,876702	1,593229
Entre árvores dentro da parcela	144	175,704	1,220167		
Total	179	534,5824			

TABELA 7 - ANOVA COM SUBAMOSTRAGEM PARA ÁREA TRANSVERSAL (m²).

ANOVA	GL	SQ	QM	F	F tab (0,05)
Entre parcelas	35	0,04280			
Tratamentos	11	0,01471	0,001337	1,142897	2,216311
Entre repetições dentro do tratamento	24	0,02809	0,00117	1,598894	1,522917
Entre arvores dentro das parcelas	1944	1,42285	0,000732		
Total	1979	1,46565			

TABELA 8 - ANOVA COM SUBAMOSTRAGEM PARA VOLUME (m³).

ANOVA	GL	SQ	QM	F	F tab (0,05)
Entre parcelas	35	4,47808			
Tratamentos	11	1,67617	0,152379	1,305215	2,216311
Entre repetições dentro do tratamento	24	2,80191	0,116746	1,447023	1,522917
Entre arvores dentro das parcelas	1944	156,84270	0,08068		
Total	1979	161,32079			

Os resultados da ANOVA para as variáveis altura dominante, área transversal e volume, mostraram a inexistência de diferenças estatísticas entre as procedências, o que sugere que a variabilidade genética não influenciou a produtividade do experimento.

Este resultado vem se contrapor aos obtidos por diversos autores, como BALDANZI e ARAUJO (1971) que constataram diferenças entre procedência para o mesmo local de estudo aos três anos de idade. GURGEL et al. (1965); FAHLER e DI LUCCA (1980); KAGEYAMA e JACOB (1980); MONTEIRO e

SPELTZ (1980); SHIMIZU e HIGA (1980); ALVES (1985), obtiveram o mesmo resultado, ou seja, detectaram diferenças significativas entre procedências em experimentos localizados em toda a área de ocorrência natural da Araucária.

Esta diferença, provavelmente, é devida aos estudos destes autores terem sido executados em idades iniciais, em sua grande maioria antes dos 10 anos de idade, onde cada procedência apresenta taxas de crescimento diferentes e, conseqüentemente, irão atingir a sua capacidade máxima de produção em períodos diferentes, obtendo assim, posteriormente, produtividades semelhantes em um mesmo sítio.

Considerando não mais as procedências e, sim, as parcelas, pôde-se constatar que, para as variáveis altura dominante e área transversal, existe diferença entre parcelas, não sendo constatado o mesmo para a variável volume. Sabendo-se que a altura dominante é a variável que expressa a qualidade de sítio, pode-se afirmar que a variação da capacidade produtiva do experimento não está ligada às procedências da semente e, sim, à localização das parcelas no local do experimento. Considerando-se o fator clima constante, a variação de sítio do experimento poderia, então, estar ligada, principalmente, ao fator edáfico.

O teste de estatístico de Tukey mostrou que, para a variável altura dominante, podem ser discriminadas três classes homogêneas de produtividade nas 36 parcelas (Apêndice 5).

4.3.2 Avaliação ecológica do sítio

Diversos autores estudaram a relação solo e crescimento da araucária, e constataram a dificuldade de se relacionar dados edafoclimáticos com a produção da espécie. CARVALHO (2003) mostra que a espécie em questão é altamente exigente em termos de solos profundos e de alta fertilidade, onde apenas 25% do solo de ocorrência natural são viáveis para plantio. As ferramentas estatísticas de correlação linear e análise multivariada foram utilizadas para verificar a relação solo com a produtividade da araucária.

4.3.2.1 Correlação linear simples

Foram correlacionadas as variáveis dendrométricas de diâmetro, altura, altura dominante, área basal e volume em relação aos dados químicos, físicos e morfológicos do solo, mostrado na matriz de correlação simples (Apêndice 6).

Para a variável DAP, a maior correlação foi com a declividade ($r=-0,55$), seguida das variáveis densidade ($r=-0,42$), potássio ($0,38$), porosidade total ($r=0,37$) e Profundidade ($r=0,34$).

Para variável H Dom as maiores correlações foram relacionadas à profundidade ($r=0,42$), declividade ($r=-0,40$), porosidade total ($r=0,36$), manganês ($r=0,32$) e areia fina ($r=0,23$).

Para a altura média as maiores correlações observadas foram com a declividade ($r=-0,56$), densidade ($r=-0,41$), porosidade total ($r=0,37$), potássio ($r=0,37$) e profundidade ($r=0,34$).

Para área basal, profundidade ($r=0,48$), manganês ($r=0,46$), silte ($r=0,36$), hidrogênio + alumínio ($r=0,35$) e areia grossa ($r=-0,3145$).

Para volume, manganês ($r=0,46$), profundidade ($r=0,46$), hidrogênio + alumínio ($r=0,35$), silte ($r=0,34$) e declividade ($r=-0,31$).

Estudando uma tendência de correlação positiva ou negativa, pode-se constatar que as variáveis declividade, densidade, umidade, areia grossa, Ph, Ca+ Mg, sódio, ferro e cobre apresentaram uma tendência de correlação negativa com as variáveis dendrométricas, ou seja podem ser considerados fatores limitantes para o bom desenvolvimento da araucária, tendo as demais variáveis estudadas apresentado uma tendência de correlação positiva.

A tabela 9 mostra o quanto as variáveis de solo conseguem explicar (em percentagem) a variação dos dados dendrométricos. Pode-se constatar que os dados morfológicos explicam, em média, 45 % da variação das variáveis dendrométricas. Já as variáveis químicas e físicas do solo explicam apenas 19,15% e 19,4% respectivamente.

A variável altura dominante apresentou menor correlação em relação às variáveis de solo se comparada às outras medidas tomadas (média de 15,6%), sendo 40,9% para morfológicas, 18,1% e 10,5% para as químicas e físicas, respectivamente.

A partir destes resultados, verifica-se uma baixa correlação entre as características do solo e as variáveis dendrométricas, tendo as características morfológicas (profundidade e declividade) se destacado em relação às demais. A figura 15 mostra que solos com menos de 1 m de profundidade apresentam um fator limitante para o desenvolvimento da araucária, bem como uma declividade superior a 10%. Áreas que apresentam estas características podem não ser recomendadas para a silvicultura desta espécie.

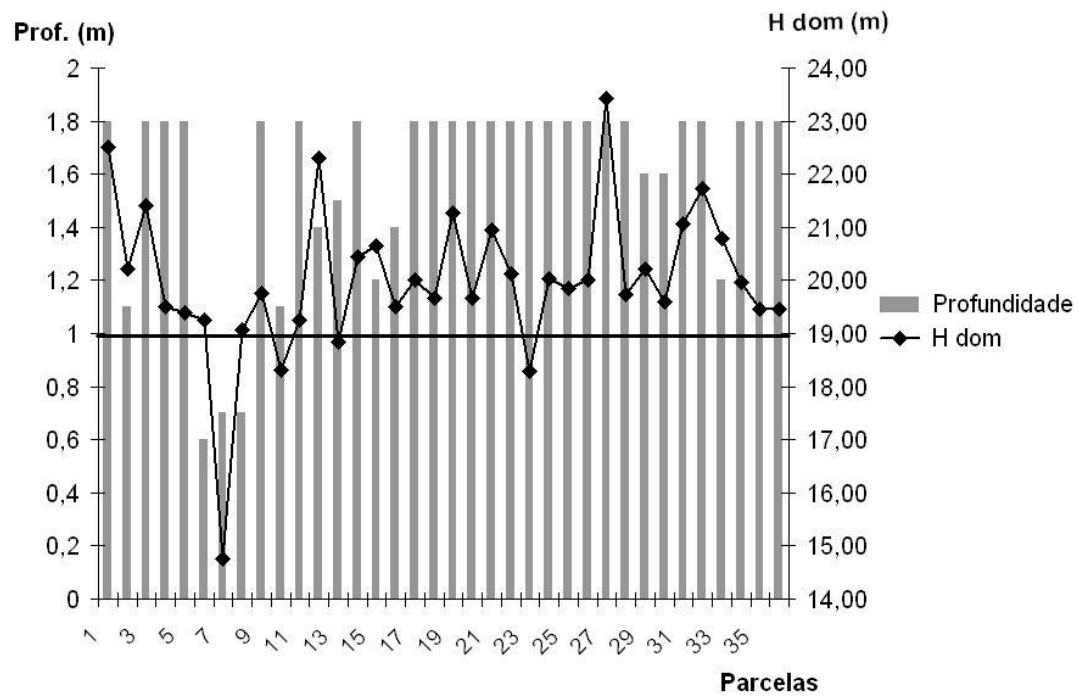
TABELA 9 – CORRELAÇÃO EM PERCENTAGEM ENTRE AS VARIÁVEIS DENDROMÉTRICAS E VARIÁVEIS DO SOLO.

	Morfológica	Física	Química	Total
Dap (cm)	44,8 %	22,8 %	21,6 %	23,6 %
Hdom (m)	40,9 %	18,1%	10,5 %	15,6 %
G/ha (m³/ha)	38,4 %	16,5%	20,1 %	19,8 %
Altura (m)	45,0 %	22,8 %	22,7 %	24,2 %
Volume (m³/ha)	38,9 %	16,6 %	20,4 %	24,2 %
Total	41,6%	19,4%	19,1 %	21,5 %

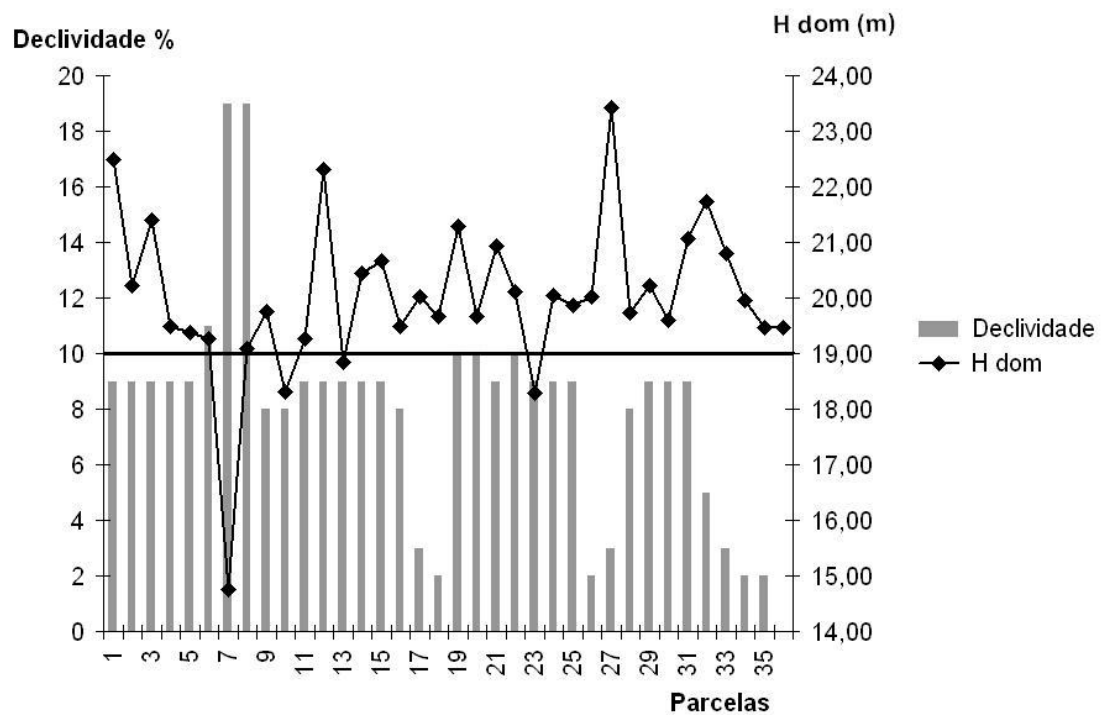
As variáveis químicas não representaram os melhores parâmetros para explicar a variação do crescimento e produtividade da araucária, o que também foi observado por CASSOL (1982); SIMÕES (1972); HOPPE (1980) e DIETRICH (1979).

A análise da relação Ca +Mg e Al com a produtividade da araucária foi contraditória entre diversos autores, sendo que VAN GOOR (1965) e DE HOOGH e DIETRICH (1979) mostraram que os teores de Ca + Mg têm alta significância na determinação da qualidade do sítio da espécie em questão, enquanto CASSOL (1982) apresentou resultados diferentes e HOPPE (1980), correlação negativa. Na presente pesquisa observou-se que esta variável teve pouca correlação com a produtividade da espécie e apresentou uma modesta correlação negativa.

FIGURA 15 : RELAÇÃO ALTURA DOMINANTE E MORFOLOGIA DO SOLO



(a) profundidade



(b) declividade

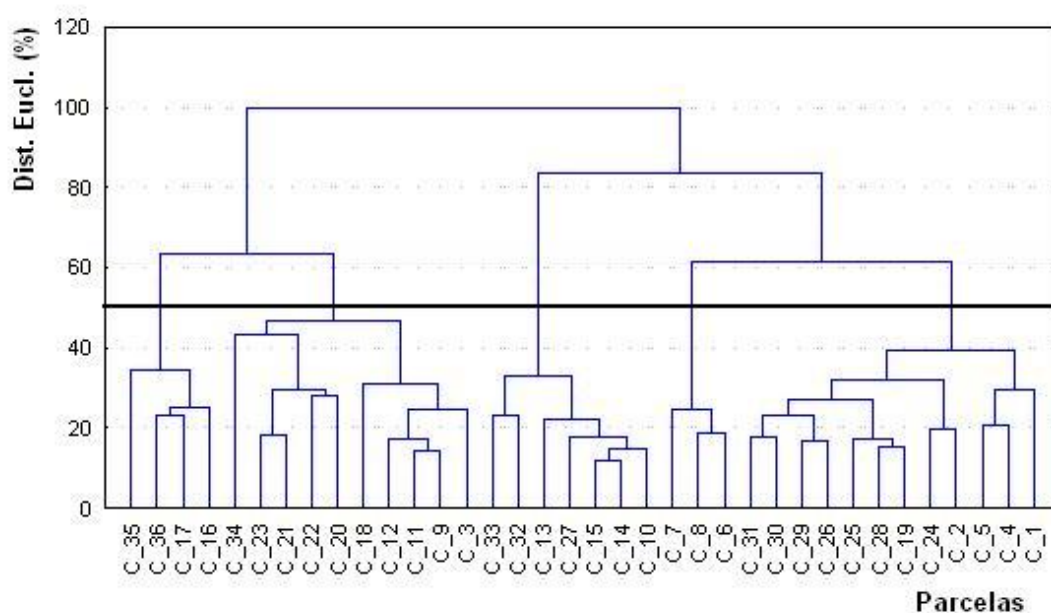
BLUM (1980); CASSOL (1982) e HOPPE (1980) colocam em dúvida a suposição da toxicidade do Alumínio para as plantas adultas como fator limitante para o crescimento da araucária. SIMÕES (1972) mostrou que o alumínio foi prejudicial ao desenvolvimento da espécie. Neste trabalho constatou-se uma modesta correlação positiva, sendo que, associado ao hidrogênio, os valores de correlação são maiores.

4.3.2.2 Análise de agrupamento e discriminante

As técnicas de análise multivariada foram aplicadas ao conjunto de variáveis físicas, químicas e morfológicas do solo obtidas na área do experimento.

O resultado da análise de agrupamento é mostrado no Dendrograma na figura 16, obtido com base no conjunto de dados de solo (Apêndice 3). Utilizou-se a distância euclidiana relativa como medida de similaridade, sendo este valor mostrado no eixo Y e as parcelas no eixo X. A formação dos grupos foi definida traçando-se uma linha paralela ao eixo X na distância euclidiana média.

FIGURA 16 – DENDROGRAMA DA ANÁLISE DE AGRUPAMENTO (MÉTODO HIERÁRQUICO)



O método *Ward* de ligação mostrou-se eficiente para realizar os agrupamentos, no sentido de não apresentar um número excessivo de classes, tendo a linha de formação de grupos sido traçada a 50% da distância euclidiana máxima encontrada. Foram registrados cinco grupos distintos de parcelas que apresentam características estatisticamente semelhantes de solo. A qualidade deste agrupamento pôde ser constatada em campo, onde se observa que as parcelas 6, 7 e 8 são qualitativamente inferiores às demais; nesta análise elas formaram um grupo distinto.

Analizando estes grupos espacialmente no terreno, verificou-se que parcelas fisicamente próximas foram lotadas em grupos semelhantes, podendo-se assim constatar manchas de solos com mesmas características (tab. 10 e fig.17).

TABELA 10 – PARCELAS PERTENCENTES A CADA GRUPO.

Grupo	Parcelas
01	16 / 17 / 35 / 36
02	03 / 09 / 11 / 12 / 18 / 20 / 21 / 22 / 23 / 34
03	10 / 13 / 14 / 15 / 27 / 32 / 33
04	06 / 07 / 08
05	01 / 02 / 04 / 05 / 19 / 24 / 25 / 26 / 28 / 29 / 30 / 31

Com os grupos já definidos pela análise de agrupamento, a verificação de quais variáveis do solo tiveram uma maior significância na sua formação foi executada pela ferramenta estatística multivariada de análise discriminante.

Esta análise foi realizada a partir dos cinco grupos formados pela análise de agrupamento. Como fonte de dados foi utilizada a matriz de dados de solo, incluindo-se uma coluna denominada “sítio” onde cada parcela recebeu o número do grupo determinado na análise anterior.

O método de STEPWISE selecionou seis variáveis discriminantes, utilizando um valor de F crítico igual a 1, com as estatísticas do teste de seleção mostradas na Tabela 11.

FIGURA 17 – MAPA DOS GRUPOS DE SOLOS.

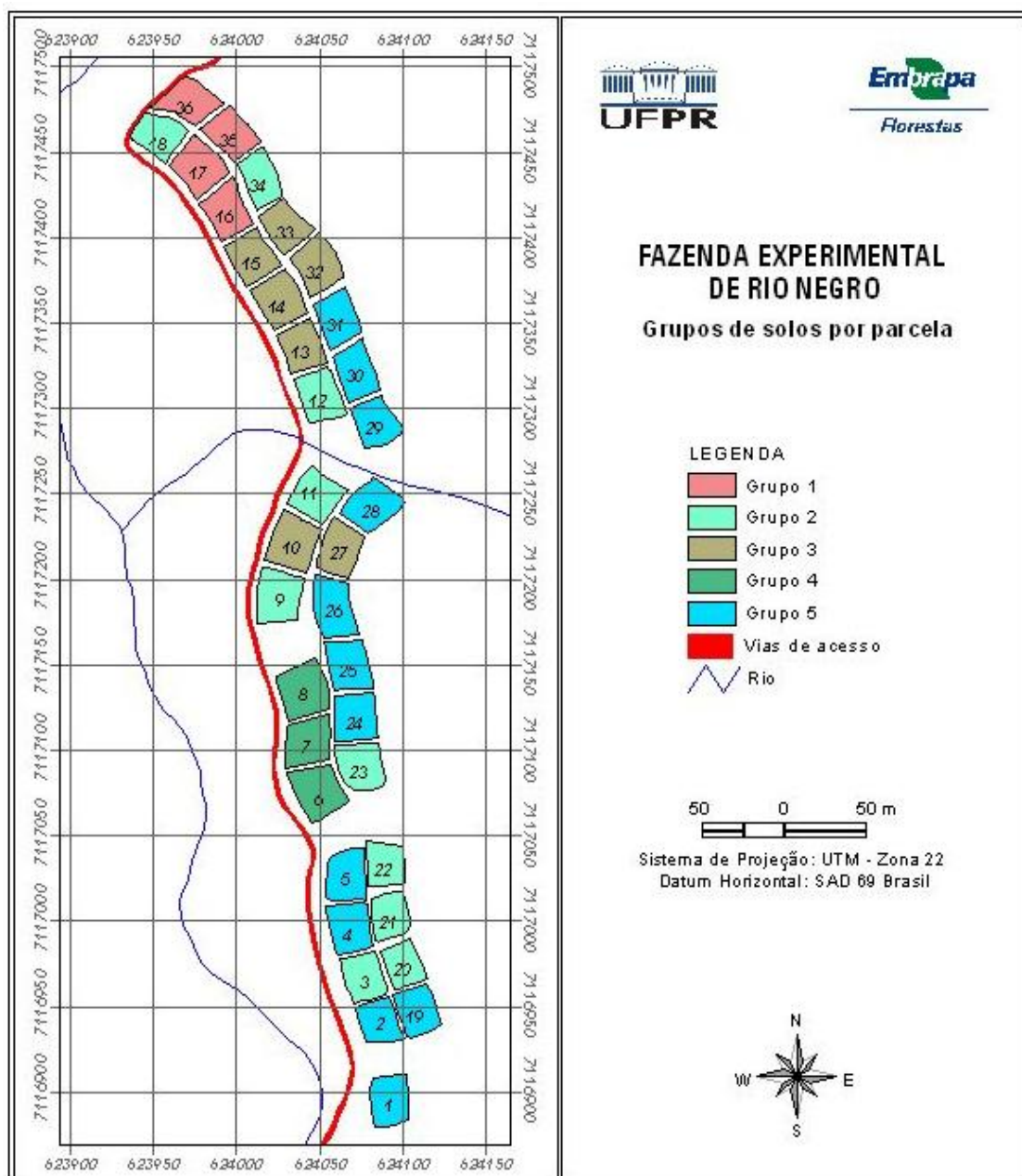


TABELA 11 – SELEÇÃO DAS VARIÁVEIS DISCRIMINANTES
(MÉTODO STEPWISE)

Passo	Variável	F	Lambda Wilk's
1	Profundidade	18,042	0,3005
2	Densidade	12,572	0,1123
3	Macroporosidade	10,556	0,0457
4	Areia Fina	9,409	0,0195
5	Nitrogênio	4,860	0,0113
6	Cálcio	3,438	0,0074

A determinação das funções discriminantes foi importante para analisar a contribuição das variáveis. A Tabela 12 mostra que as variáveis mais importantes na primeira função foram a densidade, seguida da Macroporosidade; na segunda função foram a densidade e areia fina, na terceira foram macroporosidade e densidade, na Quarta foram Profundidade e densidade e na Quinta foram Densidade e Areia Fina.

TABELA 12 – FUNÇÕES DISCRIMINANTES PARA AS VARIÁVEIS SELECIONADAS.

Variáveis	Funções Discriminantes				
	1	2	3	4	5
Profundidade	2,414	1,410	-1,745	-10,933	1,771
Densidade	-11,557	-3,560	2,968	7,635	3,179
Macroporosidade	-8,200	-0,935	4,866	3,601	-0,227
Areia Fina	-1,960	-1,487	-0,290	-3,738	2,997
Nitrogênio	4,698	0,415	-2,917	-6,438	1,399
Calcio	-2,059	0,057	-1,127	-0,704	1,473
Constante	-15,891	-3,032	-5,584	-24,155	-3,754

A Tabela 13 mostra os percentuais de classificação correta e incorreta dos casos, podendo-se, assim, confirmar a precisão da técnica de agrupamento. Observou-se que as cinco funções discriminantes podem ser utilizadas para alocar novos indivíduos dentro dos grupos, constatando-se que nos 5 grupos formados todas as parcelas foram classificadas corretamente.

Analisou-se, também, a relação entre os 5 grupos formados pela análise de agrupamento com as variáveis dendrométricas obtidas, verificando se estes grupos formados explicam a variação de produtividade da área do experimento.

TABELA13 – RESULTADO DA CLASSIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS NA ANÁLISE DISCRIMINANTE.

Grupos	Classificação (%)	Grupos Estimados				
		1	2	3	4	5
1	100	4	0	0	0	0
2	100	0	10	0	0	0
3	100	0	0	7	0	0
4	100	0	0	0	3	0
5	100	0	0	0	0	12

Para esta análise, foi utilizada a ANOVA, onde os grupos formados foram definidos como tratamento e as parcelas que pertenceram a cada grupo como repetições (Apêndice 7).

As variáveis Hdom, G/ha e Vol/ha foram analisadas e pôde-se constatar através do valor -p (Apêndice 7), que para variável H Dom não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos; já para as variáveis G/ha e Vol/ha houve diferença, tendo o teste de Tukey mostrado que apenas o grupo 4 foi inferior aos demais (Tab. 14).

TABELA 14 – TESTE DE TUKEY PARA OS 5 GRUPOS FORMADOS.

Grupos	H Dom (m)	Tukey	Grupos	G (m ² /ha)	Tukey	Grupos	Vol (m ³ /ha)	Tukey
3	21,21	a	2	57,40	a	3	550,66	a
5	21,13	a	3	56,96	a	2	544,52	a
2	20,99	a	1	56,83	a	1	537,05	a
1	20,47	a	5	54,79	ab	5	510,14	ab
4	18,92	a	4	39,28	b	4	350,37	b

Observa-se que o grupo 3 apresentou uma pequena superioridade em relação aos demais, e o grupo 4 teve uma notória diferença de produtividade, apresentando valores bem abaixo dos demais grupos.

Para HDom, pode-se observar a não existência de diferenças significativas entre os grupos. Considerando-se esta variável como a que melhor representa a capacidade produtiva, através deste resultado pode-se afirmar que a altura dominante não conseguiu explicar a variação das características do solo.

Para G/ha e Vol/ha constatou-se que o grupo 4 foi inferior aos demais, o que permite inferir que, nesse estudo, o fator solo foi considerado um fator limitante para o crescimento da araucária apenas em solos com baixa nutrição

e características físicas ruins. Características médias e boas de solos aparentemente não acarretam diferenças na produção. Este resultado pode explicar a baixa correlação entre as variáveis de solo e as dendrométricas, significando que a alteração na produção não se dará, necessariamente, por aumento ou falta de nutrientes.

Pode-se observar que para o grupo 4 (formado pelas parcelas 6, 7 e 8), a profundidade de solo foi menor que 1 metro. Considerando que esta variável apresentou maiores correlações se comparada com as demais e, também, foi a principal variável na análise discriminante dos grupos, pode-se afirmar então, que há dois sítios distintos no local do experimento, sendo o primeiro formado pelas parcelas do grupo 1, 2, 3 e 5 e outro, de menor produtividade, formado pelo grupo 4, onde solos com profundidade menor que 1 metro definem a classe de sítio em que o experimento está contido.

4.4 CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DO POVOAMENTO

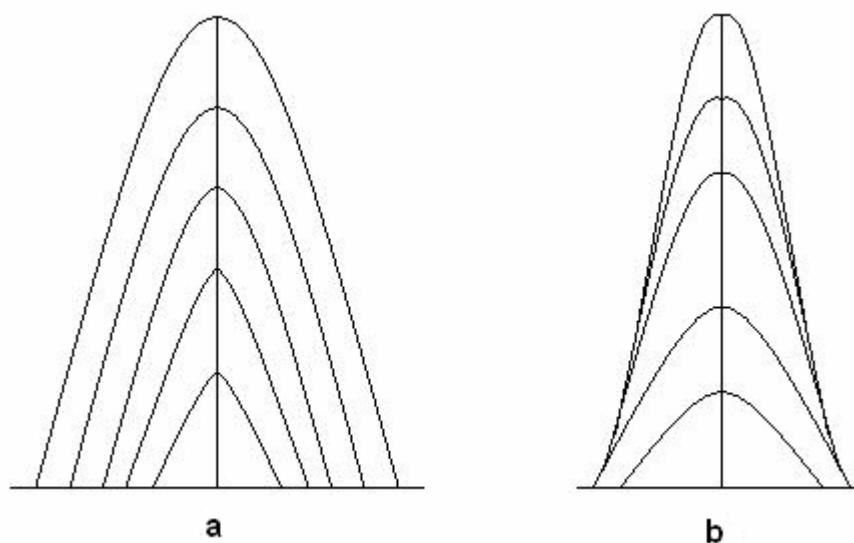
4.4.1 Diagnóstico da Análise de Tronco (ANATRO)

Nas 24 árvores derrubadas para avaliar o crescimento e produção da araucária através da análise de tronco, pôde-se observar dois padrões distintos de crescimento para árvores dominantes e dominadas. Nas primeiras, o crescimento é considerado normal com evidenciação dos anéis ao longo de todo o fuste, até atingir a sua altura total na respectiva idade (Fig. 18a).

Por outro lado na base do fuste de árvores dominadas não é possível visualizar os anéis em função da estagnação do crescimento diametral nessa região. No entanto, nas porções superiores do tronco os anéis podem ser evidenciados (Fig. 18b).

Com este padrão de crescimento, pôde-se constatar que o anel mais externo em determinadas fatias, principalmente na base, não é necessariamente o último do período vegetativo registrado, dificultando assim a identificação do ano de crescimento deste anel.

FIGURA 18 – PADRÕES DE CRESCIMENTO DA ARAUCÁRIA



Para contornar este problema no presente trabalho propôs-se uma metodologia para análise de tronco, adaptando o procedimento considerado padrão, utilizado em árvores que apresentam os seus anéis por toda extensão do tronco. Procurou-se, assim, obter uma maior segurança na medição e datação destes anéis ao longo das fatias coletadas.

A ANATRO iniciou com a marcação e numeração dos 8 raios a serem medidos em todas as fatias de uma árvore (Fig. 19). Optou-se por este número de raios devido à grande ocorrência de fatias apresentando ovalidade e excentricidade (Fig. 20).

Logo após marcados os raios, foi tomada a fatia 01, retirada a uma altura de 0,0 m, sendo considerada a fatia da base e, teoricamente, a que deveria evidenciar todos os anéis de crescimento da araucária, apresentando 38 anéis de crescimento. Como o plantio foi executado em dezembro de 1967 e as fatias coletadas de julho a setembro de 2005, foram considerados 38 períodos vegetativos de crescimento.

FIGURA 19 - MARCAÇÃO E NUMERAÇÃO DE 8 RAIOS NAS FATIAS.

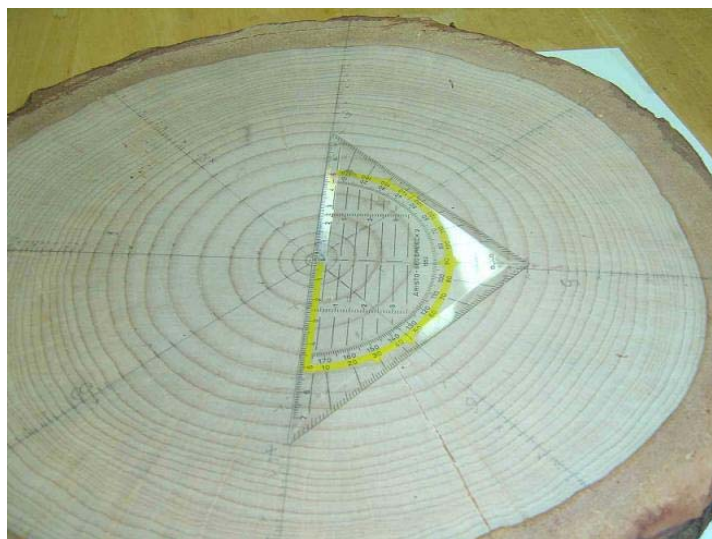


FIGURA 20 - COMPARAÇÃO ENTRE FATIAS OVAIS E CIRCULARES.



Tomando-se a fatia 01, verificou-se se esta árvore apresentava os 38 anéis de crescimento, atentando-se para a presença de falsos anéis. Caso fosse registrado este número (Fig. 21), executava-se a ANATRO padrão onde o número de anéis em cada fatia mostra exatamente a sua idade. Caso contrário (fig. 22), adotava-se a metodologia proposta aqui e apresentada a seguir.

FIGURA 21 – FATIA DA BASE QUE APRESENTA 38 ANÉIS DE CRESCIMENTO



FIGURA 22 – FATIA DA BASE QUE NÃO APRESENTA 38 ANÉIS DE CRESCIMENTO.



O limite de cada anel ao longo de cada raio foi demarcado com um traço a lápis. Com a alta ocorrência de desaparecimento de anéis e a dificuldade de datação destes, verificou-se a desuniformidade no número de anéis para os diferentes raios de uma mesma fatia. É o caso, por exemplo, do raio 01 apresentar 15 anéis de crescimento e o raio 02 apresentar 18 anéis. Visando

contornar esta dificuldade, elaborou-se uma planilha (Apêndice 1) para marcar a posição dos anéis faltantes.

Nesta planilha foi registrado o número da árvore a ser medida e o número da fatia. Em seguida foi marcada a idade da fatia e indicado o aparecimento ou não dos anéis de determinada idade em cada raio. Por exemplo, se o anel 23 na fatia 05 da árvore 01 fosse evidenciado em todos os raios se colocaria a letra “c” na posição 23 para os oito raios; caso em algum raio ele estivesse suprimido, colocar-se-ia a letra “x” no raio em que ele não apareceu.

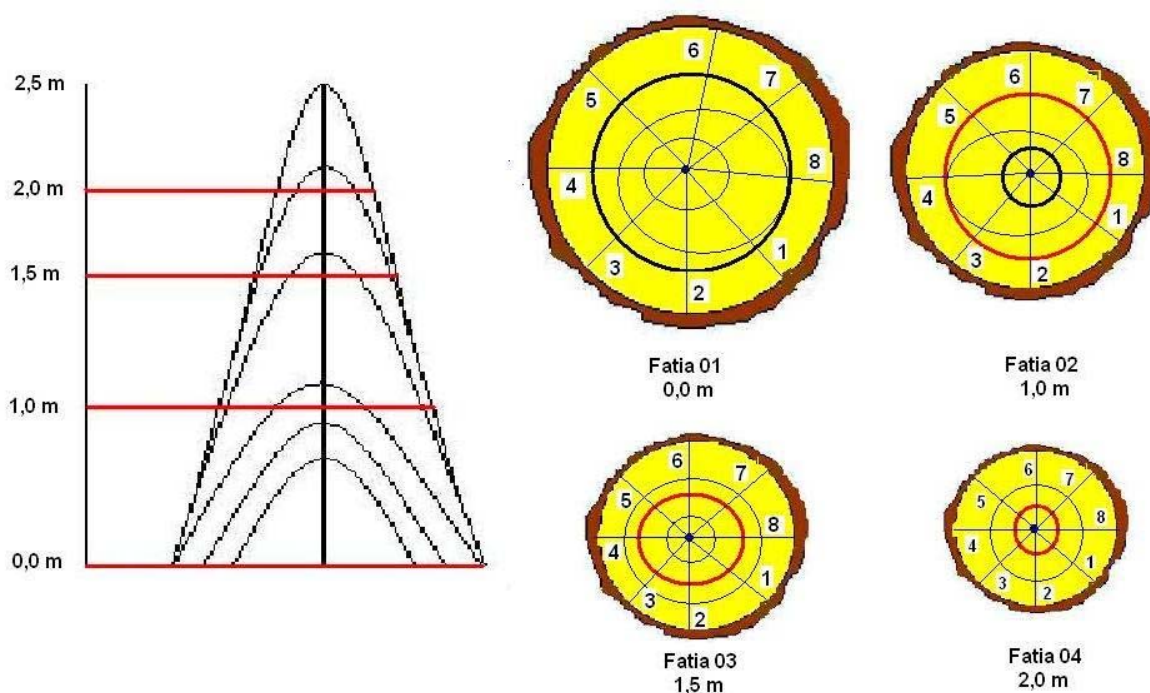
Após resolvido o problema de datar os anéis dentro de uma mesma fatia, surgiu a dificuldade de se definir a idade das fatias, visto que o número de anéis apresentado por elas não condiz com sua idade real.

Mesmo que a fatia 01 não evidenciasse os 38 anéis de crescimento, sabe-se que 38 anos é a sua idade teórica. Portanto é correto afirmar que o anel mais próximo à medula foi o primeiro a surgir, podendo tomá-lo como base para datar todos os anéis dentro da fatia. O mesmo não ocorre para as demais fatias uma vez que não havia nenhum anel padrão para o qual se pudesse determinar a idade.

Sabe-se que os anéis mais externos de uma fatia são os mais recentes, e estes, com o aumento da altura da árvore, vão ficando mais próximos da medula, até atingir sua altura total e desaparecer. Identificar esta ocorrência entre duas fatias consecutivas é uma tarefa laboriosa. Foi necessário, então, procurar na fatia já datada, uma característica também presente na fatia posterior, como uma mancha na madeira ou um anel com coloração mais escura, entre outras. Na fatia já datada foi contado o número de anéis até se chegar a esta característica e na fatia posterior executava-se o mesmo processo. A diferença entre a primeira fatia e a subsequente refletia quantos anéis haviam desaparecido e, assim, determinava-se a idade da fatia.

Para melhor entendimento desta metodologia, foi desenvolvido um exemplo didático (Fig. 23). A árvore ilustrada tem seis anos de idade e não registra os anéis de crescimento até a base, dificultando, assim, a datação dos anéis, tendo sido retiradas quatro fatias ao longo do fuste.

FIGURA 23 – EXEMPLO DIDÁTICO PARA ANATRO



A fatia retirada a 0,0 metros de altura deste modelo didático (fatia 01), teoricamente deveria evidenciar seis anéis de crescimento, não apresentando esta característica, dificultando a datação dos anéis. Porém, sabe-se que o anel mais interno desta fatia é o primeiro a surgir; como a árvore tem seis anos de idade, este é definido como anel 06, decrescendo este valor em direção à extremidade da fatia.

Após a datação deste primeiro anel, foi verificado se este está presente nos oito raios medidos na fatia, constatando-se que sim e inserindo a letra “c” para os oito raios na posição 06 da fatia 01 (tab. 15).

O próximo anel registrado na fatia 01, teoricamente é o segundo período vegetativo e recebe o número 05, foi verificado se está presente nos oito raios e constatado que estava suprimido no raio 08, onde todos os raios na posição 05 da fatia 01 receberam a letra “c”, exceto o raio 08 que recebeu a letra “x”.

Este mesmo raciocínio foi utilizado para o anel posterior, que recebeu o número 04 e foi verificada a sua presença em todos os raios, recebendo este anel a letra “c” para os oito raios correspondentes. Note-se que o anel 04 é o último registrado na fatia 01, onde os anéis dos três últimos períodos estão

suprimidos, sendo os de número 03, 02 e 01. Pode-se notar que na Tabela 15 os raios destes anéis estão sem preenchimento.

Para a datação da fatia a 1,0 metro de altura (fatia 02), foi analisada uma característica comum entre a fatia anterior já datada e a mesma em processo de datação. Foi verificado que o terceiro anel do centro até a extremidade da fatia 01 esta em negrito e, esta característica na fatia 02 foi constatada no primeiro anel.

A diferença entre ambas as fatias foi de 2 anéis de crescimento, podendo-se assim afirmar que a fatia 02 é datada de 4 anos. A verificação da presença ou supressão dos anéis em cada raio foi semelhante ao procedimento da fatia anterior, onde se constatou que o anel 03 do raio 04 foi suprimido e o anel 01 ainda está totalmente suprimido nesta fatia para todos os raios.

A datação da fatia 03 segue através da característica da coloração vermelha em um dos anéis em ambas as fatias, verificando-se a presença de todos os anéis de crescimento, sem anéis suprimidos, sendo que a mesma característica pode ser verificada, também, na fatia 04.

TABELA 15 – MODELO DIDÁTICO DA FICHA DE ANATRO.

Arvore	Fatia	Anel Raio	1	2	3	4	5	6
1	1	1				c	c	c
		2				c	c	c
		3				c	c	c
		4				c	c	c
		5				c	c	c
		6				c	c	c
		7				c	c	c
		8				c	x	c

Arvore	Fatia	Anel Raio	1	2	3	4	5	6
1	3	1	c	c	c			
		2	c	c	c			
		3	c	c	c			
		4	c	c	c			
		5	c	c	c			
		6	c	c	c			
		7	c	c	c			
		8	c	c	c			

Arvore	Fatia	Anel Raio	1	2	3	4	5	6
1	2	1		c	c	c		
		2		c	c	c		
		3		c	c	c		
		4		c	x	c		
		5		c	c	c		
		6		c	c	c		
		7		c	c	c		
		8		c	c	c		

Arvore	Fatia	Anel Raio	1	2	3	4	5	6
1	4	1	c	c				
		2	c	c				
		3	c	c				
		4	c	c				
		5	c	c				
		6	c	c				
		7	c	c				
		8	c	c				

Uma vez solucionado o problema de determinação da idade das fatias, utilizou-se o equipamento LINTAB (fig. 24 e 25), para medir dados de ICA para

cada anel de cada fatia no sentido medula – casca. Nesta fase não havia a necessidade de se saber a idade da fatia, pois os dados eram gravados em arquivo texto de forma contínua, sendo o primeiro valor correspondente à primeira distância entre a medula e o anel e a última, a espessura de casca (Apêndice 2).

Os arquivos textos foram importados para uma planilha do Excel, tomando-se a ficha de ANATRO como base para a idade da fatia, ou seja, se a fatia tinha 33 anos, os dados eram dispostos a partir da idade 33 em sentido decrescente. Ao mesmo tempo verificava-se se a tabela apresentava nas células o valor “x”, ou seja, anel suprimido; em caso positivo adicionava-se o valor zero na célula do Excel para a idade correspondente.

Estes dados foram transformados para representar a distância de cada anel até a medula. Em seguida, foi calculada a média geométrica e foram estimados a altura e o volume para cada árvore.

FIGURA 24 – APARELHO DE MEDIÇÃO DE ANÉIS (LINTAB).



4.4.2 Tabelas de produção e modelo de crescimento

Com os dados obtidos pela análise de tronco e conhecendo-se a variação da capacidade produtiva do local, analisou-se o crescimento e

produção das variáveis DAP, altura média, área basal, volume individual e volume / ha para cada classe de diâmetro (Apêndice 8, 9 ,10 , 11 e 12), respectivamente.

FIGURA 25 – MEDIÇÃO DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO.



A Figura 26 mostra o desenvolvimento do DAP ao longo dos anos para cada classe diamétrica, podendo-se notar que todas as classes já atingiram o ponto de inflexão da curva, ou seja, encontram-se em uma fase de estagnação do crescimento em DAP.

Observa-se uma clara distinção das classes a partir de 1975 aos 8 anos, sendo que as idades iniciais provavelmente sofreram influências dos tratamentos silviculturais.

A curva de crescimento e produção média para variável diâmetro (Fig. 27), mostra que no ano de 1973, aos 6 anos, esta variável atingiu o valor máximo de produção (1,85 cm), ou seja, o maior valor de ICA (Incremento Corrente Anual), apresentando, a partir daquele ano um decréscimo na taxa de crescimento. O cruzamento da curva de ICA e IMA (Incremento Médio Anual)

ocorreu entre os anos de 1976 e 1977 (entre 9 e 10 anos), ponto de estagnação do crescimento para esta variável.

FIGURA 26 – DIÂMETRO INDIVIDUAL MÉDIO (cm) POR IDADE E CLASSE DIAMÉTRICA

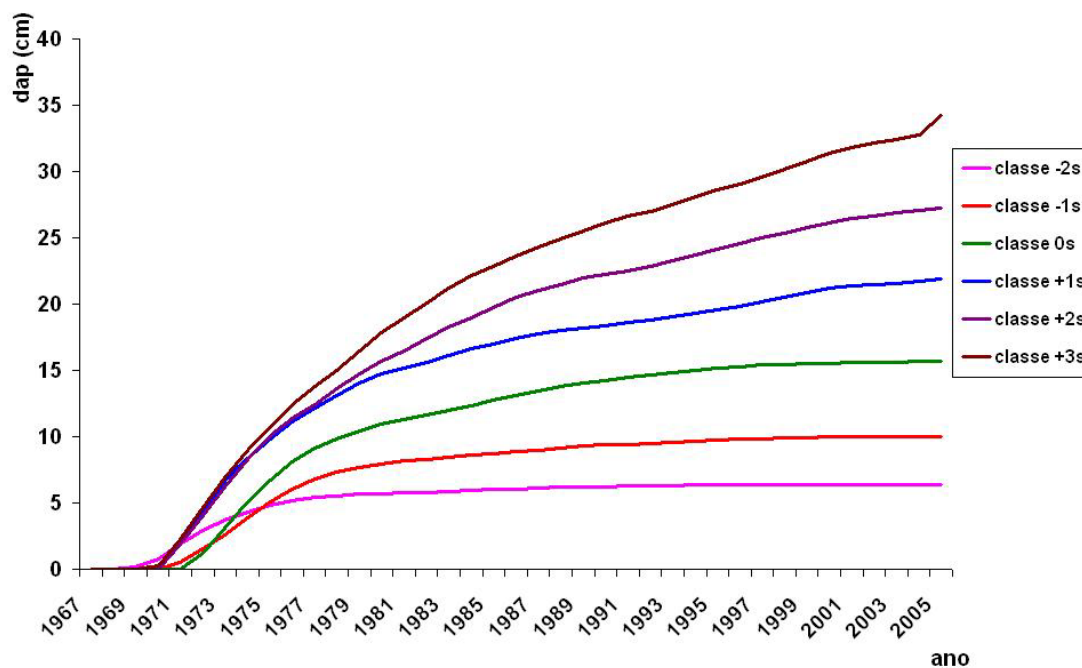
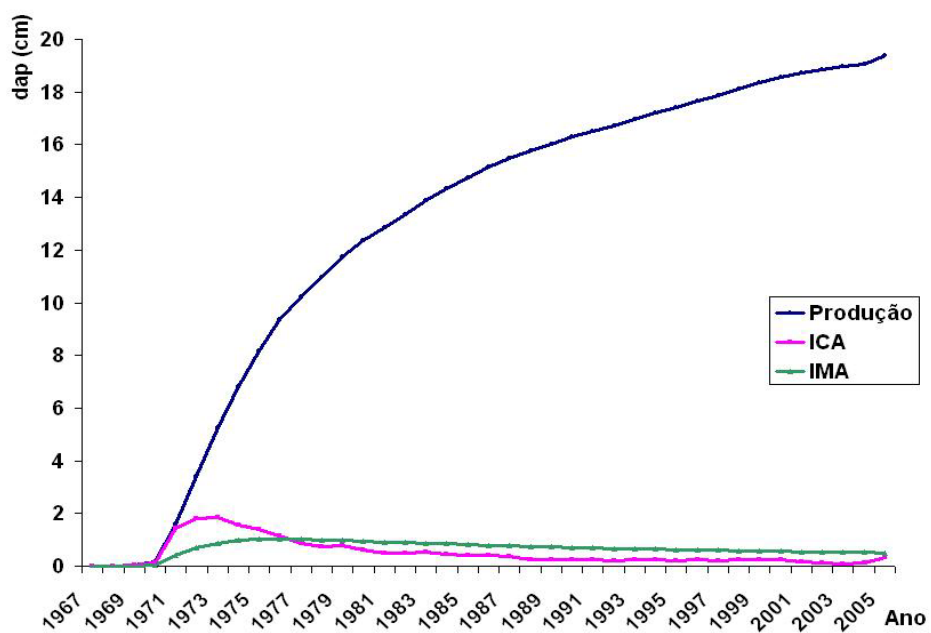


FIGURA 27 – CRESCIMENTO E PRODUÇÃO PARA A VARIÁVEL DAP (cm)



A Figura 28 mostra o desenvolvimento da altura ao longo dos anos para cada classe diamétrica. Pode-se notar uma homogeneidade de crescimento desta variável até o ano de 1972 (5 anos), sendo que a partir desta idade as árvores dominantes ocupam totalmente o dossel, não liberando espaço para o crescimento das árvores das classes inferiores, principalmente as -2s, -1s e 0s. Pode-se notar que todas as classes diamétricas já atingiram o ponto de inflexão da curva de produção, encontrando-se em fase de estagnação do crescimento da altura.

A Figura 29 mostra que a variável altura atingiu sua maior produção nos anos de 1976 (9 anos), obtendo um valor de ICA (Incremento Corrente Anual) de 1,00 m, sendo que entre 1977 e 1978 (10 e 11 anos) esta variável apresentou uma tendência de estagnação do crescimento, o que se observa pelo cruzamento da curva de ICA e IMA (Incremento Médio Anual).

FIGURA 28 – ALTURA INDIVIDUAL MÉDIA (m) POR IDADE E CLASSE DIAMÉTRICA

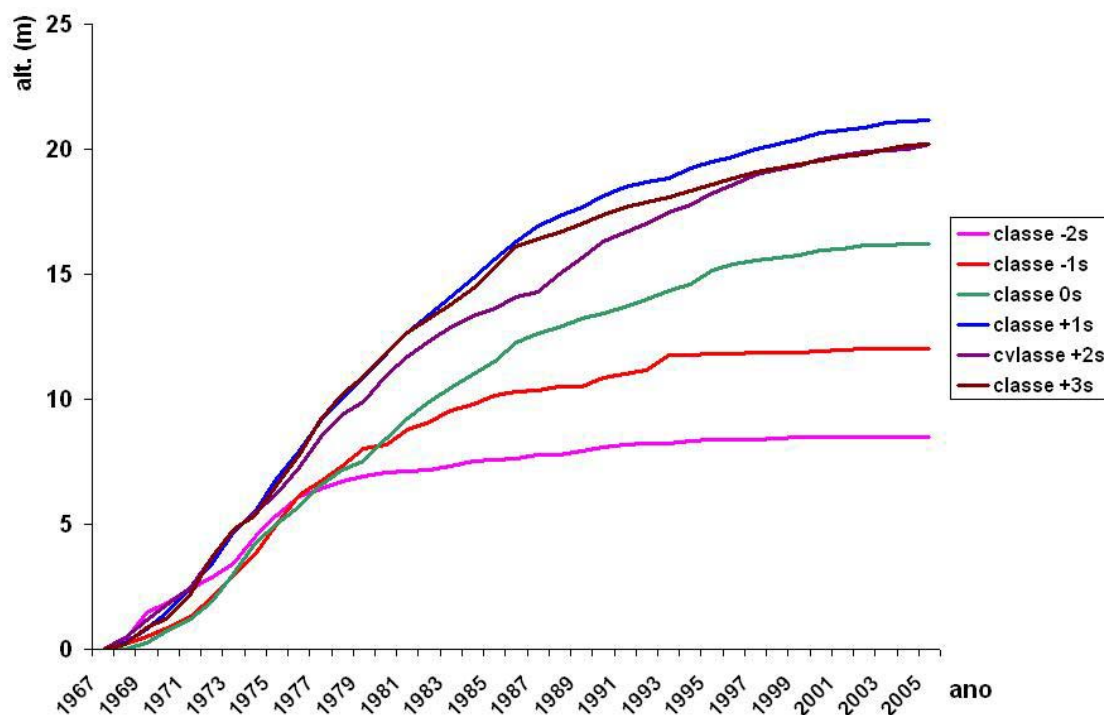
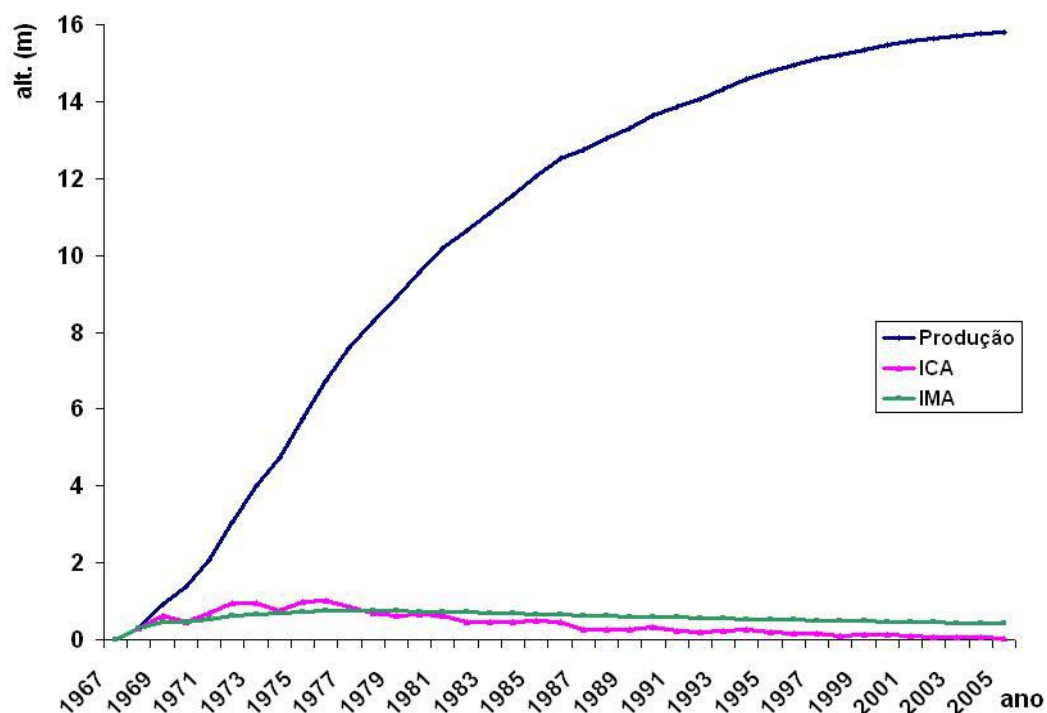


FIGURA 29 – CRESCIMENTO E PRODUÇÃO PARA A VARIÁVEL ALTURA (m)



A Figura 30 mostra o desenvolvimento do volume individual ao longo dos anos para cada classe diamétrica. Pode-se notar que houve uma homogeneidade do crescimento aproximadamente até o ano de 1975 (8 anos), sendo que, a partir desta idade, cada classe apresentou um desenvolvimento característico.

O maior incremento do volume individual médio foi de $0,017 \text{ m}^3$, atingido no ano de 1989 aos 22 anos, com o máximo valor de ICA. Entre os anos de 2000 e 2001 (33 e 34 anos) o cruzamento da curva de ICA e IMA mostra a estagnação do crescimento do volume médio individual (Fig. 31). Pode-se notar que as classes superiores ainda apresentam boas taxas de crescimento.

A curva de crescimento e produção para a área basal média do povoamento (Fig. 32) mostra uma produção total de $32,91 \text{ m}^2/\text{ha}$ até o ano de 2005 (38 anos), tendo um IMA (Incremento Médio Anual) até este período de $0,866 \text{ m}^2/\text{ha}$. O máximo crescimento anual foi de $2,19 \text{ m}^2/\text{ha}$ em 1976 (9 anos),

evidenciando-se uma tendência de estagnação do crescimento para esta variável a partir de 1983 (16 anos) com o cruzamento das curvas de ICA e IMA.

FIGURA 30 – VOLUME INDIVIDUAL MÉDIO (m^3) POR IDADE E CLASSE DIAMÉTRICA

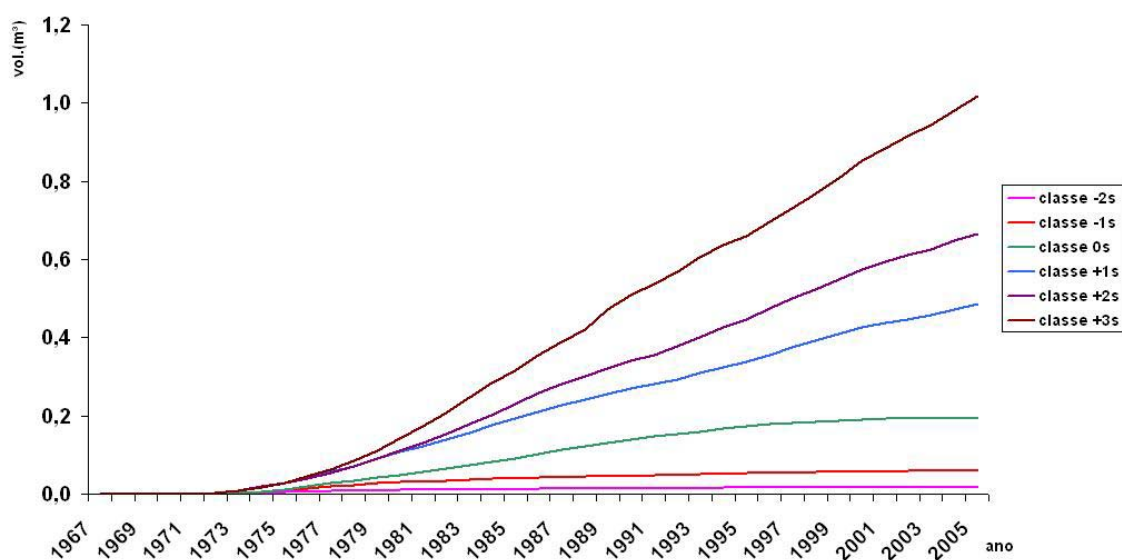
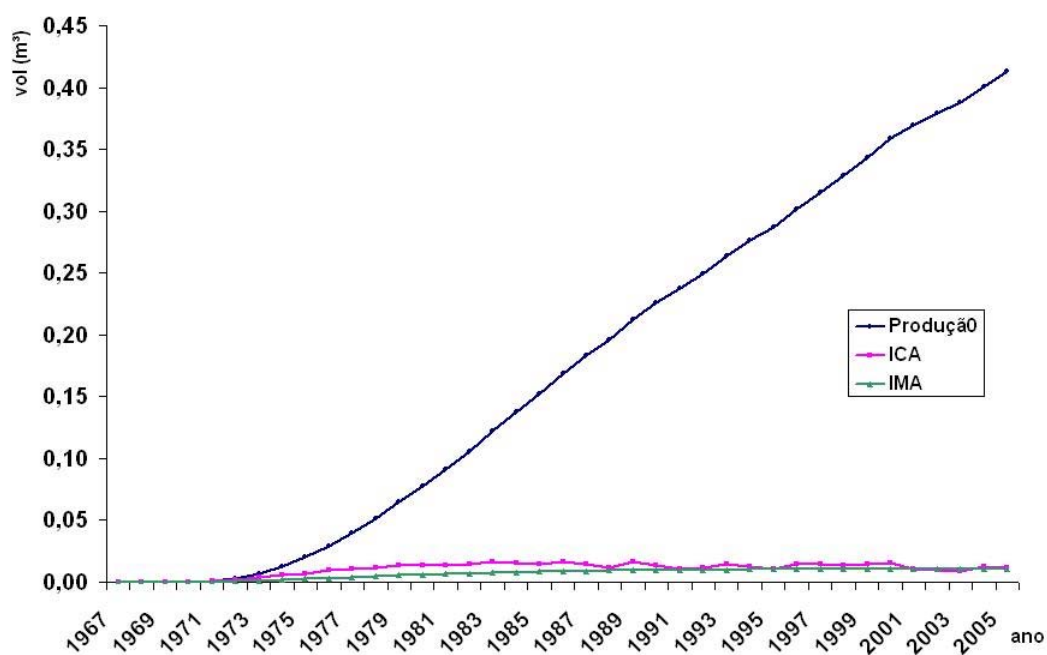


FIGURA 31 – CRESCIMENTO E PRODUÇÃO PARA A VARIÁVEL VOLUME (m^3)



Estudando o crescimento da variável volume por hectare do povoamento (Fig. 33 e Tab.16), pode-se constatar uma produção para o ano de 2005 (38 anos) de 364,43 m³/ha, com um incremento médio anual de 9,59 m³/ha. O máximo incremento volumétrico, no entanto, foi registrado no ano de 1986 (19 anos) com um ICA de 14,89 m³/ha. A partir de 2000 (33 anos) o povoamento apresenta tendência de estagnação do crescimento, observando-se neste ano o cruzamento das curvas de IMA e ICA.

FIGURA 32 – CRESCIMENTO E PRODUÇÃO PARA A VARIÁVEL ÁREA BASAL (m²/ha)

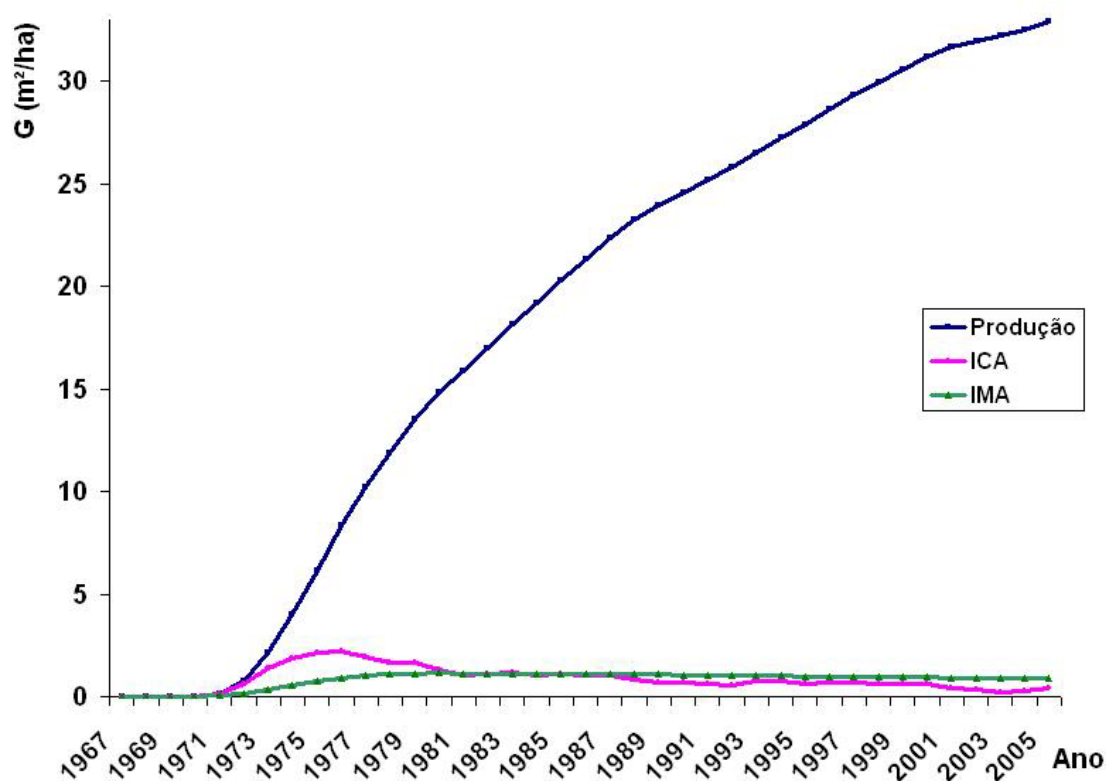


FIGURA 33 – CRESCIMENTO E PRODUÇÃO PARA A VARIÁVEL
VOLUME (m³/ha)

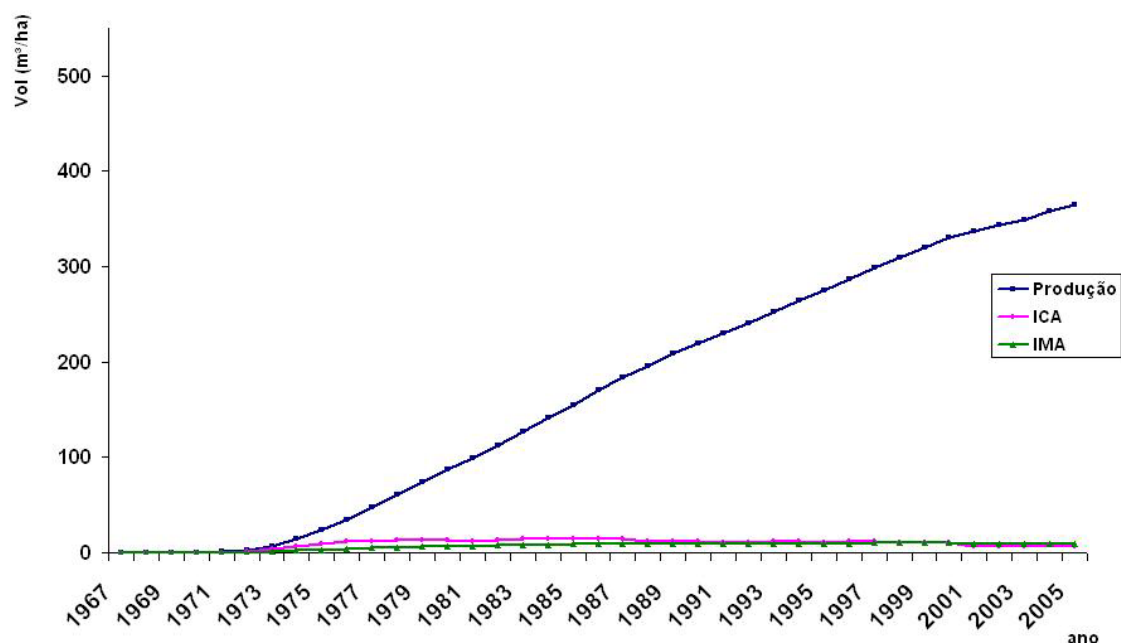


TABELA 16 – TABELA DE PRODUÇÃO PARA O POVOAMENTO

Idade		Diâmetro médio			Altura Dominante			Área Basal			Volume do povomamento		
Idade	Ano	Dg (cm)	ICA (cm)	IMA (cm)	Altura (m)	ICA (m)	IMA (m)	G (m²/ha)	ICA (m²/ha)	IMA (m²/ha)	Vol (m³)	ICA (m³/ha)	IMA (m³/ha)
1	1968	2,7E-15	2,5E-15	0,00	0,25	0,25	0,25	4,0E-31	4,0E-31	0	0,00	0,00	0,00
2	1969	0,16	0,16	0,08	0,97	0,72	0,48	0,00	0,00	0,00	0,03	0,02	0,01
3	1970	0,50	0,33	0,17	1,45	0,48	0,48	0,00	0,00	0,00	0,16	0,14	0,05
4	1971	1,85	1,35	0,46	2,27	0,82	0,57	0,17	0,17	0,04	0,79	0,62	0,20
5	1972	3,67	1,82	0,73	3,60	1,33	0,72	0,78	0,61	0,16	2,68	1,90	0,54
6	1973	5,60	1,94	0,93	4,57	0,97	0,76	2,13	1,35	0,36	7,13	4,45	1,19
7	1974	7,19	1,59	1,03	5,17	0,60	0,74	4,02	1,89	0,57	14,25	7,11	2,04
8	1975	8,62	1,44	1,08	6,33	1,17	0,79	6,16	2,14	0,77	23,29	9,05	2,91
9	1976	9,83	1,21	1,09	7,45	1,12	0,83	8,35	2,19	0,93	34,96	11,67	3,88
10	1977	10,75	0,91	1,07	8,90	1,45	0,89	10,25	1,90	1,02	47,51	12,55	4,75
11	1978	11,57	0,82	1,05	9,97	1,07	0,91	11,90	1,65	1,08	60,39	12,88	5,49
12	1979	12,46	0,89	1,04	10,65	0,68	0,89	13,55	1,65	1,13	74,26	13,87	6,19
13	1980	13,20	0,74	1,02	11,60	0,95	0,89	14,87	1,32	1,14	87,26	13,00	6,71
14	1981	13,79	0,59	0,98	12,47	0,87	0,89	15,88	1,02	1,13	99,40	12,13	7,10
15	1982	14,39	0,61	0,96	13,15	0,68	0,88	16,99	1,10	1,13	112,41	13,02	7,49
16	1983	15,03	0,63	0,94	13,65	0,50	0,85	18,16	1,17	1,13	126,67	14,26	7,92
17	1984	15,54	0,52	0,91	14,18	0,53	0,83	19,20	1,04	1,13	141,06	14,40	8,30
18	1985	16,00	0,45	0,89	14,83	0,65	0,82	20,29	1,10	1,13	155,17	14,11	8,62
19	1986	16,47	0,47	0,87	15,58	0,75	0,82	21,35	1,06	1,12	170,06	14,89	8,95
20	1987	16,89	0,42	0,84	15,80	0,22	0,79	22,39	1,04	1,12	184,35	14,30	9,22
21	1988	17,20	0,31	0,82	16,12	0,32	0,77	23,24	0,85	1,11	196,18	11,83	9,34
22	1989	17,52	0,32	0,80	16,55	0,43	0,75	23,94	0,70	1,09	208,30	12,11	9,47
23	1990	17,84	0,31	0,78	17,02	0,47	0,74	24,60	0,66	1,07	219,89	11,59	9,56
24	1991	18,10	0,27	0,75	17,32	0,30	0,72	25,23	0,62	1,05	230,06	10,17	9,59
25	1992	18,33	0,23	0,73	17,57	0,25	0,70	25,81	0,58	1,03	240,39	10,34	9,62
26	1993	18,64	0,31	0,72	17,83	0,27	0,69	26,54	0,73	1,02	252,57	12,17	9,71
27	1994	18,95	0,31	0,70	18,10	0,27	0,67	27,26	0,73	1,01	264,29	11,72	9,79
28	1995	19,20	0,26	0,69	18,37	0,27	0,66	27,91	0,65	1,00	274,48	10,20	9,80
29	1996	19,49	0,28	0,67	18,58	0,22	0,64	28,62	0,71	0,99	286,84	12,35	9,89
30	1997	19,76	0,27	0,66	18,83	0,25	0,63	29,31	0,69	0,98	298,37	11,53	9,95
31	1998	20,04	0,29	0,65	18,98	0,15	0,61	29,96	0,65	0,97	309,26	10,90	9,98
32	1999	20,35	0,30	0,64	19,15	0,17	0,60	30,62	0,65	0,96	319,82	10,56	9,99
33	2000	20,65	0,31	0,63	19,32	0,17	0,59	31,24	0,62	0,95	330,36	10,54	10,01
34	2001	20,85	0,20	0,61	19,45	0,13	0,57	31,67	0,43	0,93	337,14	6,78	9,92
35	2002	21,01	0,16	0,60	19,55	0,10	0,56	31,99	0,32	0,91	343,15	6,01	9,80
36	2003	21,14	0,13	0,59	19,70	0,15	0,55	32,22	0,23	0,89	349,16	6,01	9,70
37	2004	21,29	0,15	0,58	19,80	0,10	0,54	32,50	0,28	0,88	357,64	8,47	9,67
38	2005	21,81	0,52	0,57	19,88	0,07	0,52	32,91	0,42	0,87	364,43	6,80	9,59

5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados e nas suas interpretações pode-se concluir que:

a) O melhor modelo para ajuste da relação hipsométrica foi o de Henricksen, com um R^2 de 0,84 e Syx% de 12,08%.

b) O melhor modelo para ajuste das funções de volume com e sem casca foi o de PÉLLICO NETTO, com um R^2 de 0,99 e 0,98 e Syx% de 0,33% e 0,51% respectivamente.

c) A produtividade do povoamento aparentemente não foi influenciada pela variabilidade genética, sendo que na ANOVA não foi constatada diferença significativa entre as procedências para as variáveis altura dominante, área transversal e volume e sim, diferenças significativas entre parcelas para variável altura dominante e área transversal, constatando-se que a variação da capacidade produtiva do povoamento pode estar ligada ao fator solo.

d) A análise do fator solo como fonte da variação de sítio permitiu constatar baixa correlação entre a altura dominante e as variáveis de solo, tendo os dados de morfologia do solo apresentado maior correlação com a altura dominante, seguidos das variáveis físicas e químicas, onde solos com profundidade menor que 1 metro e declividade maior que 10% apresentam limitação no desenvolvimento da araucária.

e) As variáveis morfológicas, físicas e químicas do solo explicam, respectivamente, 45%, 18,1% e 10,5% da variação do sítio.

f) Analisando de forma conjunta os dados de solo pela técnica de agrupamento de análise multivariada, pôde-se constatar a formação de cinco grupos que apresentam características semelhantes.

g) A análise discriminante considerou como os fatores mais importantes para formação destes grupos, em ordem decrescente, as variáveis profundidade, densidade, macroporosidade, areia fina, nitrogênio e cálcio, sendo as variáveis morfológicas e físicas mais significativas que as químicas.

h) As variáveis (Hdom, G/ha e Vol) não refletiram a variação de solo no experimento, ou seja, não foram encontradas diferenças significativas entre as

classes de solo e as variáveis dendrométricas, onde apenas as parcelas 6, 7 e 8 foram estatisticamente diferentes das demais para as variáveis G/ha e Vol.

i) Obteve-se para este experimento, apenas duas qualidades de sítio onde o pior é representado pelas parcelas 6, 7 e 8 e os demais com qualidade superior, verificando-se, que para a araucária solos com propriedades químicas e físicas ruins e profundidades menores que 1 metro, expressam diferenças significativas na produção.

j) Os dados obtidos por análise de tronco refletiram dois padrões de crescimento distintos para árvores dominantes e dominadas.

l) A nova metodologia para análise de tronco adaptada para a situação dos anéis suprimidos foi eficaz na determinação da idade das fatias e cômputo do volume dos anéis.

m) O sistema operador, LINTAB, lupa e TSAP foi eficiente, possibilitando a medição dos anéis em escala de milésimos de milímetros, até mesmo os com baixo incremento.

n) A análise da evolução das variáveis DAP e altura média das dominantes permitiu constatar a estagnação do crescimento para todas as classes diamétricas, atingindo o máximo crescimento aos 6 e 10 anos de idade, respectivamente, com um ICA de 1,94 cm e 1,45 metros nestes anos.

o) Para as classes diamétricas superiores, pôde-se ainda constatar taxas de crescimento significativas de volume individual médio, obtendo-se um incremento máximo de 0,017 m³ aos 22 anos de idade.

p) O experimento mostra uma produção em área basal de 32,91 m²/ha e um incremento médio anual de 0,866 m²/ha no ano de 2005, atingindo, porém, o máximo incremento corrente anual aos 9 anos de idade com 2,19 m²/ha.

q) A produção volumétrica média do experimento, no ano de 2005, foi de 364,43 m³/ha, tendo um incremento médio anual aos 38 anos de 9,59 m³/ha e máximo incremento corrente de 14,89 m³/ha aos 19 anos de idade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, S. T. **Estudos de sistemas silviculturais utilizando procedências e progênes de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze.** Curitiba, 1985, Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Setor de Ciências Agrárias – Universidade Federal do Paraná.
- ANDRAE, F. H.; KRAPPENBAUER, A. Inventário de um reflorestamento de Araucária de 17 anos, em Passo Fundo – RS: Inventário de nutrientes. In: **Pesquisas austro brasileiras 1973 –1982 SOBRE *Araucaria angustifolia*, *Podocarpus lamberti* E *Eucalyptus saligna***,1983, Santa Maria. Imprensa Universitária,1983.112p.
- ASSMANN, E. **The principles of forest yield study.** Oxford: Pergamon Press, 1970. 506 p.
- BALDANZI G.; ARAUJO A. J. de Investigação sobre a variação geográfica na *Araucaria angustifolia*, na estação de pesquisas florestais de Rio - PR. **Revista Floresta**, v. 3, n.1 . Curitiba: UFPR, p. 37 – 42, 1971.
- BARUSSO A. P. **A determinação de funções de crescimento mediante análise de tronco.** Curitiba,1977, Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Setor de Ciências Agrárias – Universidade Federal do Paraná.
- BIGING, G. S.; WENSEL, L. C. A photographic technique for use with stem analyses. **Forest Science**, Bethesda, v.30 p. 715-729, 1984.
- BLUM , M. E. H. Site nutrition – grown interrelationship of Araucarias. In: IUFRO Meeting on forestry problems of the genus *Araucaria* (1:1979: Curitiba). **Forestry problems of genus *Araucaria*** . FUPEF, Curitiba, 1980, p. 119-130.
- BREPOHL, D. A contribuição econômica da exploração da *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. In: IUFRO Meeting on forestry problems of the genus *Araucaria* (1:1979: Curitiba). **Forestry problems of genus *Araucaria*** . FUPEF, Curitiba, 1980, p. 347-350
- BRUM E. T. **Relações entre altura dominante e fatores do sítio, em povoamentos de *Pinus elliottii* na região de Ponte Alta do Norte SC.** Curitiba, 1979. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Setor de Ciências Agrárias – Universidade Federal do Paraná.
- BURGER, D. **Ordenamento florestal: a produção florestal:** Curitiba: Setor de Ciências Agrárias da UFPR, 1976, 79 p.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, Colombo, 2003. 1039 p.

CASSOL C. A. **Relações entre características do solo, crescimento e produtividade em povoamentos implantados de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. em Passo Fundo – RS.** Curitiba, 1982, Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Setor de Ciências Agrárias – Universidade Federal do Paraná.

CHATURVEDI, A. N.; KHANNA, L. S. **Forest mensuration.** Dehra Dun: International Book Distributors, 1982. 406 p.

CHYO, M.; OAKI, H.; HAGA, F. **Análise de tronco de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. nativa do parque estadual de Campos do Jordão-SP.** In: Congresso Nacional Sobre Essências Nativas. ANAIS. Campos do Jordão-SP, 1982. vol-2, p.919-927.

COELHO F. S. **Fertilidade do solo.** Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973, 384 p.

CRECHI E. H. **Efeitos da densidade da plantação sobre a produção, crescimento e sobrevivência de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. Em Missiones .** Curitiba, 1996, 172 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Setor de Ciências Agrárias – Universidade Federal do Paraná.

DE HOOGH, R. J.; DIETRICH, A. B. Avaliação de sítios para *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. em povoamentos artificiais. **Brasil Florestal**, v. 10, n. 37, p. 19-71, 1979.

DE HOOGH, R. J. de, **Site-nutrition-growth relationships of *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. In South Brasil.** Freiburg: Albert-Ludwigs-Universität, 1981. 161p. Tese (Ph. D.) Albert-Ludwigs Universität.

DIETRICH A. B. **Relações em dados analíticos de solo: Análise foliar e dados de crescimento da *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze.** Curitiba, 1979, 87p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Setor de Ciências Agrárias – Universidade Federal do Paraná.

DRAGO, D. **Elaboração de um sistema de informação geográfica (SIG) para estação experimental de Rio Negro da UFPR.** Curitiba, 1996, 127p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Setor de Ciências Agrárias – Universidade Federal do Paraná.

ECKSTEIN, D.; OGDEN, J.; JACOBY, G. C.; ASH, J. Age and growth rate determination in tropical trees: the application of dendrochronological methods. In: BORMAN, E. H.; BERLYN, G. (Ed.). **Age and growth rates of tropical trees: new directions for research.** Yale: University School of Forestry & Environmental, 1981. p. 83-106. (Studies Bulletin, 94). Proceedings of the Workshop on Age and Growth Rate Determination for Tropical Trees, Harvard Forest, 1980.

FAHLER J. C. e DI LUCCA C. M. Variación geográfica da *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze informe preliminar a los 5 años. In: IUFRO Meeting on forestry problems of the genus *Araucaria* (1:1979: Curitiba). **Forestry problems of genus *Araucaria*** . FUPEF, Curitiba, 1980, p. 96-102.

FINGER C. A. G. **Fundamentos da biometria florestal** Santa Maria: UFSM/CEPEF/FATEC, 1992, 269 p.

FUPEF. **Inventário florestal do Pinheiro do no sul do Brasil: relatório final / Fundação de Pesquisas florestais do Paraná**. Curitiba, 1978. 327p.

GAUCH, H. G. Jr. **Multivariate analysis in community ecology**. New York : Cambridge University Press, 1982.298p.

GERHARD E. J.; FINGER C. A. G.; LONGUI S. J.; SCHUMACHER M. V. Contribuição da análise multivariada na classificação de sítios em povoamentos de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., baseado nos fatores físicos e morfológicos do solo e no conteúdo de nutrientes da serapilheira. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.11, n.2, p.41-57, 2001.

GOELZ, J. C. G.; BURK, T. E. testing a photographic method for measuring stem cross-sections. **Forest Science**, Amsterdam, Bethesda, v. 3, n3, p.784-789, 1987.

GOMES A. M. A. **Medição de arvoredos**. Lisboa: Livraria As da Costa, 1957, 413p.

GRAHAM, R. T. **Measuring annual grown rings using an eletronic measuring machine**. [S.1.]: USDA. Forest Service, 1980. 13p. (USDA For. Serv. Res. (Note INT-289).

GURGEL FILHO, O. T. Silvicultura da *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. In: IUFRO Meeting on forestry problems of the genus *Araucaria* (1:1979: Curitiba). **Forestry problems of genus *Araucaria*** . FUPEF, Curitiba, 1980, p. 96-102.

HOPPE J. M. **Relações entre dados analíticos do solo, análise foliar e dados de incremento da *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., na floresta nacional de Passo Fundo RS**. Curitiba, 1980, Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Setor de Ciências Agrárias – Universidade Federal do Paraná.

HUSCH, B., MILLER, C. I., BEERS, T. W, **Forest mensuration**. New York : Ronald Press Co, 1982, 410p.

KAGEYAMA, D. Y.; JACOB, A. Variação genética entre e dentro de populações de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. na região de Itapeva –SP, estimada até o 6º ano de idade In: IUFRO Meeting on forestry problems of the genus *Araucaria* (1:1979: Curitiba). **Forestry problems of genus *Araucaria*** . FUPEF, Curitiba, 1980, p. 83- 87.

KRAMER, P. J.; KOZLOWSKI, T. T. **Physiology of woody plants**. New York : Academic Press, 1979. 811 p.

LIU, C. J. On single tree height increment with spline approximation. In: SCHMID-HASS; Johann, K. (Ed.). **Growth of Single Tree Development of Stands**: Proceedings of the IUFRO Conference S4:01-00 and S4:01-06. Maine: Maine- Agricultural-Experimental- Station, 1985. p. 129-132. (Miscellaneous Publication,691)

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas e nativas do Brasil**, Nova Odessa : Plantarum, 1992. 352 p.

MAACK, R. **Geografia física do estado do Paraná**. Rio de Janeiro : Livraria José Olympio Editora,1981, 450p.

MACHADO. S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**. Curitiba: Os autores, 2003. 309 p.

MACHADO, S. A.; SIQUEIRA, J. D. P. Distribuição natural da *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze In: IUFRO Meeting on forestry problems of the genus *Araucaria* (1:1979: Curitiba). **Forestry problems of genus *Araucaria*** . FUPF, Curitiba, 1980, p. 347-350

MAESTRI R. **Modelo de crescimento e produção para povoamentos clonais de *Eucalyptus grandis* considerando variáveis ambientais**. Curitiba, 2003 143 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

MATTOS P. P. **Identificação de anéis anuais de crescimento e estimativa de idade e incremento anual em diâmetro de espécies nativa do pantanal da Nhecolândia, MS**. Curitiba, 1999, 116 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

MONTEIRO R. F. R.; SPELTZ R. M. Ensaio de 24 procedências de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. In: IUFRO Meeting on forestry problems of the genus *Araucaria* (1:1979: Curitiba). **Forestry problems of genus *Araucaria*** . FUPF, Curitiba, 1980, p. 181-201.

NAGEL, J,; ATHARI, S, Stammanalyse und ihre Durchführung, **Allgemeine Forst-und Jagdzeitung**, Frankfurt am Main, v. 153, n. 9/10, p. 179-182, 1982.

NOGUEIRA, A. C. **Reação do crescimento radial da *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. em florestas naturais que sofreram corte seletivo**. Curitiba, 1989 107 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo : Nobel, 2002. 549 p.

PÉLLICO NETTO, S. Desenvolvimento de uma função volumétrica. **For. Bras.** Curitiba, v. 1, p. 9-17, 1986.

PRODAN M.; PETERS R.; COX F.; REAL P. **Mensura Forestal**. San José, C. R.: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 1997, 501p.

RICHTER, H. G.; BURGER, L. M. **Anatomia da madeira**. 2. ed. Curitiba: UFPR, Setor de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia e Tecnologia Rurais, 1978, 76 p. Não publicado.

ROSOT, M. A. D. **Processamento digital de imagens aplicado à medição de anéis de crescimento na análise de tronco**. Curitiba, 2002 162 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

ROSOT, N. C.; EMERENCIANO, D. B.; ROSOT, M. A. D. Yield table for *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. Plantation by stem analysis in Southern Brazil. In: VANCLAY, J. K.; SKOVSGAARD, J. P.; GERTNER, G. Z. (Ed.). **Grown and yield estimation from sucessive forest inventories: proceedings from The IUFRO Conference...** Lyngby: Danish Forest and Landscape Research Institute, 1993. p. 239-249. (Forkningsserien, 3).

SALLE, G. L. **Influência dos fatores ambientais na classificação de sítio para *Pinus taeda* L., na região de Cambará do Sul, RS, Brasil**. Santa Maria UFSM, 1993. 85 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria.

SARRAT J.; OLIVEIRA P. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 2002, 355p.

SCHEEREN L. W. **Efeito dos elementos químicos do solo e da copa no crescimento em altura de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., na região de Canela- RS**. Santa Maria , 1998. 122 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Maria.

SCHEEREN L. W.; FINGER C. A G.; SCHUMACHER M. V.; LONGHI S. J. Crescimento em altura de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. em três sítios naturais, na região de Canela – RS. In: **Ciências Florestais**, v. 9, n. 2, p. 23 – 40, Santa Maria, RS, 1999.

SCHNEIDER P. R. **Introdução ao manejo florestal**. Santa Maria: UFSM, 1993, 348 p.

SHIMIZU J. Y.; HIGA A. R. Variação genética entre procedências de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze na região de Itapeva –SP, estimada até o 6º ano de

idade In: IUFRO Meeting on forestry problems of the genus *Araucaria* (1:1979: Curitiba). **Forestry problems of genus *Araucaria***. FUPEF, Curitiba, 1980, p. 78-83.

SILVA I. P. da. **Métodos estatísticos aplicados a pesquisa científica: uma abordagem para profissionais da pesquisa agropecuária**. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1999, 309p.

SILVA O. **Fertilizantes corretivos e solos: o tripé das plantas**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1997, 55 p.

SIMÕES J. W. **Efeitos da omissão de Nutrientes na alimentação mineral do Pinheiro do Paraná *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. cultivado em vaso**. Piracicaba, SP, 1972. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) Universidade de São Paulo – UNESP.

SIOSTRZONEK, E. Radialzuwachs und Flächenzuwachs. Genauere Bestimmung des Grundflächenzuwachses mit Bohrspänen und Stammscheiben. **Forstwissenschaftliches Centralblatt**, Hamburg, v. 77, p. 237-254, 1958.

SPELTZ R. M.; MONTEIRO R. F.; CORDEIRO J. A. Ensaio de espaçamento de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze na região de Itapeva –SP, estimada até o 6º ano de idade In: IUFRO Meeting on forestry problems of the genus *Araucaria* (1:1979: Curitiba). **Forestry problems of genus *Araucaria*** . FUPEF, Curitiba, 1980, p. 222-230.

SPURR S. H. **Forest Inventory**. New York : Ronald Press, 1952, 476 p.

STATISTICA for Windows. 2. ed. Tulsa: Statsoft, 1995. v. 3: Statistics II.

STOKES, M. A. SMILEY, T. L. **An introduction to tree-ring dating**. Chicago : The University of Chicago Press, 1968. 73p.

TOMÉ JUNIOR A., **Manual de interpretação de análise de solo**. Guaíba : Agropecuária, 1997, 247 p.

VAN GOOR, C. P. Classificação da capacidade da terra em relação ao reflorestamento com *Pinus elliottii* Eng. Var. *elliottii* e *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., no estado de São Pulo. **Revista silvicultura em São Paulo**, v.4, p. 349-366, 1965.

WEISE, U. **Breitage zur Methodik und Genauigkeit von Stammscheiben-, Bohrkern- und Stammanalysen an Fichte und Tanne**. Freiburg: Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt, 1987. 133 p. (Mitteilungen 130).

APÊNDICES

1	FICHA DE ANATRO.....	94
2	RAIOS MEDIDOS PELO LINTAB PARA FATIA 01 DA ÁRVORE 24 EM FORMATO txt. GRAVADO PELO SOFTWARE TSAP.....	96
3	TABELA DE DADOS ANALÍTICOS DE SOLO.....	98
4	RELATÓRIO ELABORADO PELO SOFTWARE ACCESS.....	105
5	TESTE DE TUKEY PARA ALTURA DOMINANTE.....	107
6	ANÁLISE DE CORRELAÇÃO SIMPLES	109
7	ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA ANÁLISE DE SOLOS.....	113
8	TABELA DE PRODUÇÃO PARA VARIÁVEL DIÂMETRO.....	115
9	TABELA DE PRODUÇÃO PARA VARIÁVEL ALTURA.....	117
10	TABELA DE PRODUÇÃO PARA VARIÁVEL VOLUME.....	119
11	TABELA DE PRODUÇÃO PARA VARIÁVEL ÁREA BASAL.....	121
12	TABELA DE PRODUÇÃO PARA VARIÁVEL VOLUME /HA.....	123

APÊNDICE 1 – FICHA DE ANATRO

Ficha de ANATRO

[illegible][illegible][illegible][illegible]

APÊNDICE 2 - RAIOS MEDIDOS PELO LINTAB PARA FATIA 01 DA
ÁRVORE 24 EM FORMATO txt. GRAVADO PELO
SOFTWARE TSAP

ARVORE 24 FATIA 01 RAI0 01 (240101)

HEADER:

DATA:Tree

331	730	830	1134	1226	1117	1315	1280	1093	828
680	806	604	416	510	521	495	315	124	61
70	98	144	77	83	76	47	236	196	426
378	499	403	265	279	260	149	3888	0	0

ARVORE 24 FATIA 01 RAI0 02 (240102)

HEADER:

DATA:Tree

223	615	798	1214	1279	1341	1247	1330	973	780
718	688	476	579	583	353	225	203	75	321
115	92	76	182	77	138	365	192	129	104
132	3529	0	0	0	0	0	0	0	0

ARVORE 24 FATIA 01 RAI0 03 (240103)

HEADER:

DATA:Tree

303	698	790	1077	1127	1183	1233	1286	988	694
1002	1164	706	667	811	787	453	294	141	415
519	454	264	107	101	169	367	355	340	534
579	409	167	316	275	4759	0	0	0	0

ARVORE 24 FATIA 01 RAI0 04 (240104)

HEADER:

DATA:Tree

292	600	718	1206	1129	1273	1427	1421	982	771
819	1015	982	1227	1198	691	425	240	457	1020
998	874	920	344	375	599	343	457	260	291
481	774	601	339	119	233	184	5721	0	0

ARVORE 24 FATIA 01 RAI0 05 (240105)

HEADER:

DATA:Tree

256	660	745	1022	1227	1284	1223	1067	839	734
909	1205	1169	1193	979	706	134	142	342	232
146	93	305	120	331	544	223	389	505	619
406	481	119	129	107	5026	0	0	0	0

ARVORE 24 FATIA 01 RAI0 06 (240106)

HEADER:

DATA:Tree

256	660	745	1022	1227	1284	1223	1067	839	734
909	1205	1169	1193	979	706	134	142	342	232
146	93	305	120	331	544	223	389	505	619
406	481	119	129	107	5026	0	0	0	0

ARVORE 24 FATIA 01 RAI0 07 (240107)

HEADER:

DATA:Tree

288	583	860	1357	1347	1305	1258	1366	964	891
955	632	594	669	975	752	358	663	712	585
576	750	532	302	392	754	328	154	159	245
331	321	134	233	408	5603	0	0	0	0

ARVORE 24 FATIA 01 RAI0 08 (240108)

HEADER:

DATA:Tree

329	741	763	1139	1273	1401	1334	1368	912	888
687	620	503	524	532	577	304	196	130	60
56	44	55	83	70	95	98	101	217	275
304	227	366	183	186	3813	0	0	0	0

APÊNDICE 3 - TABELA DE DADOS ANALÍTICOS DE SOLO

Parcela	Profund.(m)	Decliv.(%)	Dens. (Kg/dm³)	Umidade (g/g)	Umidade (cm³/cm³)
1	1,8	9	1,201	0,268	0,321
2	1,1	9	1,110	0,377	0,419
3	1,8	9	1,005	0,325	0,326
4	1,8	9	1,277	0,301	0,385
5	1,8	9	1,232	0,278	0,342
6	0,6	11	1,164	0,276	0,322
7	0,7	19	1,380	0,251	0,347
8	0,7	19	1,200	0,303	0,364
9	1,8	8	0,941	0,327	0,307
10	1,1	8	1,001	0,302	0,303
11	1,8	9	0,948	0,375	0,356
12	1,4	9	1,032	0,392	0,404
13	1,5	9	0,898	0,342	0,307
14	1,8	9	1,086	0,313	0,340
15	1,2	9	1,054	0,326	0,344
16	1,4	8	0,890	0,459	0,409
17	1,8	3	0,951	0,484	0,460
18	1,8	2	0,839	0,375	0,314
19	1,8	10	1,165	0,339	0,395
20	1,8	10	0,975	0,390	0,380
21	1,8	9	0,886	0,375	0,332
22	1,8	10	1,029	0,353	0,364
23	1,8	9	0,982	0,324	0,318
24	1,8	9	1,049	0,414	0,434
25	1,8	9	1,213	0,313	0,379
26	1,8	2	1,034	0,315	0,326
27	1,8	3	1,010	0,270	0,272
28	1,8	8	1,129	0,318	0,359
29	1,6	9	1,009	0,336	0,339
30	1,6	9	1,038	0,374	0,388
31	1,8	9	1,171	0,277	0,324
32	1,8	5	0,928	0,358	0,333
33	1,2	3	0,937	0,257	0,241
34	1,8	2	0,981	0,413	0,405
35	1,8	2	0,870	0,377	0,328
36	1,8	0	1,019	0,403	0,411

Parcela	Por, Total (g/g)	Micropor, (g/g)	Macropor (g/g)	Por, Total (cm³/cm³)
1	0,441	0,301	0,140	0,529
2	0,513	0,398	0,115	0,570
3	0,645	0,376	0,269	0,648
4	0,439	0,315	0,124	0,560
5	0,463	0,314	0,149	0,570
6	0,503	0,322	0,180	0,585
7	0,329	0,250	0,079	0,454
8	0,468	0,320	0,148	0,562
9	0,710	0,397	0,314	0,668
10	0,633	0,366	0,267	0,634
11	0,669	0,407	0,262	0,635
12	0,625	0,394	0,231	0,645
13	0,769	0,377	0,393	0,691
14	0,576	0,337	0,239	0,626
15	0,606	0,345	0,261	0,639
16	0,729	0,502	0,226	0,648
17	0,666	0,504	0,163	0,634
18	0,760	0,410	0,349	0,637
19	0,514	0,381	0,133	0,598
20	0,691	0,432	0,260	0,674
21	0,745	0,426	0,319	0,660
22	0,602	0,394	0,208	0,619
23	0,608	0,373	0,235	0,597
24	0,588	0,433	0,155	0,617
25	0,448	0,332	0,115	0,543
26	0,597	0,394	0,203	0,618
27	0,615	0,362	0,253	0,622
28	0,493	0,340	0,153	0,557
29	0,631	0,381	0,250	0,637
30	0,586	0,367	0,219	0,609
31	0,482	0,327	0,155	0,565
32	0,730	0,408	0,322	0,678
33	0,674	0,338	0,336	0,632
34	0,619	0,450	0,169	0,608
35	0,707	0,422	0,285	0,615
36	0,586	0,421	0,165	0,596

Parcela	Micropor, (cm ³ /cm ³)	Macropor, (cm ³ /cm ³)	A , Grossa (%)	A , Fina (%)	Silte (%)
1	0,362	0,168	26	33	22
2	0,442	0,128	22	33	22
3	0,378	0,270	23	26	25
4	0,402	0,158	31	25	24
5	0,386	0,184	26	29	23
6	0,375	0,210	34	28	22
7	0,345	0,109	37	27	16
8	0,384	0,178	34	32	16
9	0,373	0,295	19	30	22
10	0,367	0,267	23	34	20
11	0,386	0,248	19	29	26
12	0,406	0,238	25	30	22
13	0,338	0,352	33	31	15
14	0,366	0,259	34	31	17
15	0,364	0,275	31	33	17
16	0,447	0,201	24	32	24
17	0,479	0,155	11	27	28
18	0,344	0,293	17	32	23
19	0,443	0,155	19	31	19
20	0,421	0,253	19	27	24
21	0,377	0,283	17	26	25
22	0,405	0,214	16	28	26
23	0,366	0,231	17	29	20
24	0,454	0,162	16	32	22
25	0,403	0,140	19	37	22
26	0,408	0,210	22	35	20
27	0,366	0,256	26	32	23
28	0,384	0,173	25	29	22
29	0,385	0,252	21	34	23
30	0,381	0,227	24	37	18
31	0,383	0,182	24	33	22
32	0,379	0,299	23	36	18
33	0,317	0,315	30	33	17
34	0,441	0,166	23	29	26
35	0,368	0,248	11	24	31
36	0,429	0,168	24	24	21

Parcela	pH (CaCl ₂)	K ⁺ (cmolc/dm ³)	Ca ²⁺ ((cmolc/dm ³)	Mg ²⁺ (cmolc/dm ³)	Ca ²⁺ + Mg ²⁺ (cmolc/dm ³)
1	3,97	0,10	0,87	0,05	0,92
2	4,11	0,06	0,72	0,06	0,78
3	4,07	0,05	0,40	0,56	0,96
4	4,10	0,06	0,50	0,59	1,09
5	4,19	0,06	1,05	0,43	1,48
6	4,07	0,07	0,68	0,14	0,82
7	4,07	0,06	0,39	0,03	0,42
8	4,09	0,06	0,37	0,22	0,59
9	4,09	0,08	0,60	0,11	0,71
10	4,07	0,07	0,38	0,13	0,51
11	4,09	0,07	0,49	0,16	0,65
12	4,10	0,06	0,53	0,08	0,61
13	4,08	0,05	0,29	0,17	0,46
14	4,11	0,05	0,30	0,11	0,41
15	4,06	0,06	0,28	0,04	0,32
16	4,03	0,06	0,41	0,11	0,52
17	4,03	0,10	0,29	0,22	0,51
18	4,04	0,05	0,47	0,14	0,61
19	4,13	0,04	0,88	0,22	1,10
20	4,22	0,07	0,95	0,40	1,35
21	4,19	0,05	0,93	0,10	1,03
22	4,24	0,07	0,77	1,18	1,95
23	4,15	0,05	0,80	0,47	1,27
24	4,18	0,06	0,59	0,33	0,92
25	4,19	0,04	0,53	0,31	0,84
26	4,05	0,08	1,03	0,06	1,09
27	4,08	0,06	0,31	0,16	0,47
28	4,12	0,06	0,77	0,47	1,24
29	4,12	0,05	0,65	0,39	1,04
30	4,12	0,05	0,65	0,18	0,83
31	4,10	0,05	0,71	0,11	0,82
32	4,16	0,05	0,70	0,15	0,85
33	4,10	0,05	0,92	0,27	1,19
34	4,08	0,87	0,85	0,11	0,96
35	4,07	0,08	0,37	0,32	0,69
36	4,09	0,07	0,38	0,16	0,54

Parcela	Al ³⁺ (cmolc/dm ³)	H ⁺ + Al ³⁺ (cmolc/dm ³)	M.O (g/Kg)	N	P (mg/dm ³)
1	3,08	10,45	30,75	0,15	2,10
2	2,88	9,35	27,28	0,14	1,50
3	3,26	9,35	36,28	0,18	0,30
4	2,78	9,35	29,35	0,15	0,70
5	2,20	8,36	29,01	0,15	0,70
6	2,86	8,36	24,41	0,12	1,60
7	2,75	8,36	23,55	0,12	0,40
8	2,41	8,36	16,41	0,08	0,80
9	2,93	9,70	26,41	0,13	0,90
10	3,01	9,35	21,61	0,11	0,90
11	3,30	10,07	29,08	0,15	0,80
12	3,05	9,70	26,48	0,13	1,00
13	2,61	9,01	20,54	0,10	1,40
14	2,68	9,01	20,21	0,10	1,30
15	3,12	9,35	24,75	0,12	1,50
16	3,40	10,45	28,81	0,14	1,50
17	5,13	12,13	33,02	0,17	1,80
18	3,65	10,45	24,61	0,12	1,20
19	2,93	9,70	23,14	0,12	1,00
20	2,75	9,35	26,01	0,13	3,40
21	3,08	9,35	23,14	0,12	1,10
22	2,25	9,01	28,35	0,14	0,90
23	2,96	9,01	24,15	0,12	0,90
24	3,20	9,35	27,28	0,14	0,90
25	2,80	9,01	20,54	0,10	0,60
26	2,50	9,35	23,75	0,12	0,90
27	2,85	9,35	19,14	0,10	0,90
28	2,94	9,35	23,21	0,12	0,90
29	2,84	8,36	23,75	0,12	1,40
30	2,62	9,01	22,28	0,11	1,80
31	3,01	8,68	16,88	0,08	1,40
32	2,70	8,36	11,61	0,06	1,40
33	2,77	9,01	22,68	0,11	1,50
34	3,01	9,01	27,01	0,14	1,30
35	4,52	12,13	47,76	0,24	1,40
36	3,83	10,45	37,82	0,19	1,80

Parcela	P (mg/dm ³)	Na (mg/dm ³)	V (%)	Fe (mg/dm ³)	Mn (mg/dm ³)	Zn (mg/dm ³)	Cu (mg/dm ³)
1	2,10	3,00	9,00	101,6	30,5	5,0	1,3
2	1,50	5,00	8,44	98,0	32,8	27,6	1,5
3	0,30	5,00	9,94	113,3	32,9	7,5	1,8
4	0,70	4,00	11,10	93,0	26,8	4,5	1,7
5	0,70	4,00	15,70	61,1	14,4	24,8	2,1
6	1,60	5,00	9,83	104,1	11,3	6,7	1,9
7	0,40	4,00	5,62	114,7	10,0	4,9	2,1
8	0,80	6,00	7,48	136,0	8,4	13,6	1,8
9	0,90	5,00	7,72	89,7	16,7	30,0	1,8
10	0,90	4,00	6,01	106,7	11,8	11,0	1,3
11	0,80	4,00	6,82	74,5	10,1	5,6	1,6
12	1,00	6,00	6,70	110,5	13,5	5,0	1,6
13	1,40	5,00	5,57	126,9	9,6	13,7	0,8
14	1,30	4,00	5,03	101,9	13,3	27,6	1,3
15	1,50	4,00	4,08	114,8	16,0	24,3	0,9
16	1,50	4,00	5,41	110,8	15,8	33,7	0,8
17	1,80	4,00	4,92	117,2	16,2	4,4	1,0
18	1,20	5,00	6,12	192,6	15,6	6,6	0,9
19	1,00	3,00	10,62	135,9	23,0	11,3	1,7
20	3,40	4,00	13,32	83,4	23,5	9,0	1,2
21	1,10	3,00	10,47	106,0	21,5	18,8	2,3
22	0,90	3,00	18,41	115,8	20,9	3,8	1,5
23	0,90	3,00	12,89	129,8	13,0	24,8	1,8
24	0,90	4,00	9,64	133,6	20,5	39,0	2,0
25	0,60	3,00	9,02	129,3	14,4	5,9	1,9
26	0,90	4,00	11,27	124,3	12,2	3,6	1,6
27	0,90	4,00	5,53	128,2	9,5	41,5	1,3
28	0,90	3,00	12,31	124,2	13,3	5,9	1,5
29	1,40	5,00	11,74	142,7	12,0	6,2	1,3
30	1,80	3,00	9,02	167,7	13,4	37,4	1,8
31	1,40	4,00	9,28	128,1	10,5	41,1	1,7
32	1,40	3,00	9,85	113,8	17,6	26,2	1,6
33	1,50	3,00	12,21	116,3	17,0	53,3	1,4
34	1,30	5,00	17,05	110,5	17,5	21,9	1,4
35	1,40	7,00	6,19	99,9	21,5	27,8	1,4
36	1,80	5,00	5,70	100,5	11,4	17,7	1,0

APÊNDICE 4 - RELATÓRIO ELABORADO PELO SOFTWARE ACCESS

volume s/b

Parcela	Vol total
1	27,037302245985
2	17,040840836650
3	19,34543929778
4	25,63877654703
5	44,620206227312
6	16,766769992476
7	15,304788796709
8	18,833864929075
9	18,481073512188
10	23,504387377944
11	27,677146555666
12	29,561984341398
13	21,740650560332
14	38,032303515597
15	18,860544693921
16	34,562333654559
17	63,396903377647
18	15,959767610203
19	27,409164843922
20	18,007320339595
21	18,627983853633
22	58,776123669629
23	42,673434261343
24	34,356319863389
25	53,175006721663
26	18,994767428137
27	21,080467474355
28	17,849250156247
29	44,906253097143
30	22,075055914335
31	20,924452868860
32	34,587030552862
33	18,994767428137
34	32,409164843922
35	19,562333654559
36	23,833864929075

APÊNDICE 5 - TESTE DE TUKEY PARA ALTURA DOMINANTE

GL (erro) 144
 Média 36
 q 0,05 (36;144) 5,52
 QM (erro) 1,22016667
 r 5
 w **2,7268651**

Parc	Procedencia	hdom	Classes
27	Imbituva	23,42	a
1	Pitanga	22,50	0,92 a
12	Imbituva	22,30	1,12 a
32	Laranjeiras	21,74	1,68 a
3	Rio Negro	21,40	2,02 a
19	Imbituva	21,28	2,14 a
31	Rio Negro	21,06	2,36 a
21	Franc. Bel.	20,94	2,48 a
33	Cascavel	20,80	2,62 ab
15	Guapiara	20,66	0,14 b
14	Cascavel	20,44	0,36 b
2	Ponte alta	20,22	0,58 b
29	Vacaria	20,22	0,58 b
22	Ponte Ser.	20,12	0,68 b
24	Cascavel	20,04	0,76 b
17	Telemaco	20,02	0,78 b
26	Pitanga	20,02	0,78 b
34	Telemaco	19,96	0,84 b
25	Ponte Ser.	19,86	0,94 b
9	Ponte alta	19,76	1,04 b
28	União	19,74	1,06 b
18	União	19,66	1,14 b
20	Guapiara	19,66	1,14 b
30	Guapiara	19,60	1,20 b
4	União	19,50	1,30 b
16	Pitanga	19,50	1,30 b
35	Franc. Bel.	19,46	1,34 b
36	Ponte alta	19,46	1,34 b
5	Vacaria	19,38	1,42 b
6	Telemaco	19,26	1,54 b
11	Ponte Ser.	19,26	1,54 b
8	Rio Negro	19,08	1,72 b
13	Laranjeiras	18,84	1,96 b
10	Franc. Bel.	18,32	2,48 b
23	Laranjeiras	18,28	2,52 b
7	Vacaria	14,76	c

APÊNDICE 6 - ANÁLISE DE CORRELAÇÃO SIMPLES

	DAP (cm)	H dom (m)	G (m ² /ha)	H (m)	Profund.(m)	Decliv.(%)
H dom (m)	0,566914369	1				
G (m ² /ha)	0,689733284	0,733420869	1			
H (m)	0,986796932	0,551489718	0,697665562	1		
Profund.(m)	0,344682517	0,422485645	0,480323273	0,338680251	1	
Decliv.(%)	-0,549574596	-0,395015677	-0,287846299	-0,561783878	-0,545146462	1
Dens. (Kg/dm ³)	-0,415311304	-0,233091012	-0,218040755	-0,41751715	-0,326342191	0,602508364
Umidade (g/g)	0,119041393	0,043459646	0,109595006	0,132896862	0,295989636	-0,350819986
Umidade (cm ³ /cm ³)	-0,195765	-0,089898601	-0,04064889	-0,180700626	0,101182598	0,065916525
Por. Total (g/g)	0,373895069	0,23170391	0,18701921	0,374719378	0,303883026	-0,521288405
Micropor. (g/g)	0,292739851	0,183285484	0,205942465	0,309814137	0,382065236	-0,535309494
Macropor. (g/g)	0,314483622	0,193572867	0,115577342	0,303659259	0,154544444	-0,349303199
Por. Total (cm ³ /cm ³)	0,34499554	0,367278507	0,226831991	0,349554921	0,302482928	-0,419969222
Micropor. (cm ³ /cm ³)	-0,018298758	0,105694384	0,097888735	0,007509081	0,235224937	-0,136708026
Macropor. (cm ³ /cm ³)	0,290717311	0,233557745	0,124462082	0,278756474	0,102462389	-0,257448947
A , Grossa (%)	-0,227739067	-0,187003779	-0,314450918	-0,231755989	-0,613772109	0,452848281
A , Fina (%)	0,046642376	0,237921411	0,02837408	0,010214452	-0,1049306	0,028599945
Silte (%)	0,249748921	0,186799262	0,358714559	0,270184597	0,460637665	-0,390732009
Argila (%)	0,079272149	-0,055632423	0,12395014	0,094494757	0,51421328	-0,31170272
pH (CaCl2)	-0,179993793	-0,023436022	-0,106124356	-0,22717093	0,24915095	0,198992568
K+ (cmolc/dm ³)	0,384854269	-0,007513619	-0,010921336	0,373665476	0,101985991	-0,271922754
Ca2+ ((cmolc/dm ³)	0,282311508	0,15846257	0,226400769	0,274514217	0,231244352	-0,059100929
Mg2+ (cmolc/dm ³)	-0,086526191	-0,028591609	0,147953012	-0,093593431	0,29589777	0,084468632
Ca2 + +Mg 2+ (cmolc/dm ³)	0,135008708	0,088425745	0,245849789	0,125293491	0,342755484	0,013739189
Al3+ (cmolc/dm ³)	0,181248459	0,025847981	0,131882328	0,196393467	0,201873493	-0,477662862
H+ + Al 3+ (cmolc/dm ³)	0,294990427	0,130876582	0,357309954	0,323042782	0,342486397	-0,519371852
M.O (g/Kg)	0,157636663	-0,077730612	0,258902537	0,199730467	0,229130829	-0,329219847
N	0,157636663	-0,077730612	0,258902537	0,199730467	0,229130829	-0,329219847
P (mg/dm ³)	0,314751826	0,172419832	0,252225354	0,291298732	0,052316628	-0,227528641
Na (mg/dm ³)	-0,000648432	-0,100289942	-0,14981042	0,032422812	-0,267305906	-0,054189698
V (%)	0,195064429	0,053437439	0,140480499	0,179649856	0,272322575	-0,002346107
Fe (mg/dm ³)	-0,179723489	0,041728941	-0,128606011	-0,218846808	-0,017329571	-0,063278724
Mn (mg/dm ³)	0,315236753	0,326863752	0,462156784	0,319745594	0,248093684	-0,053131503
Zn (mg/dm ³)	0,327636808	0,226673183	0,116854638	0,294917194	0,032181062	-0,233000031
Cu (mg/dm ³)	-0,268584752	-0,138595828	-0,227497681	-0,29005707	-0,074572797	0,460236578

	Dens. (Kg/dm ³)	Umidade (g/g)	Umidade (cm ³ /cm ³)	Por. Total (g/g)	Micropor. (g/g)	Macropor. (g/g)
H dom (m)						
G (m ² /ha)						
H (m)						
Profund.(m)						
Decliv.(%)						
Dens. (Kg/dm ³)	1					
Umidade (g/g)	-0,571693174	1				
Umidade (cm ³ /cm ³)	0,149953785	0,718608323	1			
Por. Total (g/g)	-0,976999848	0,541702707	-0,169803048	1		
Micropor. (g/g)	-0,763297888	0,915786727	0,460078225	0,730433677	1	
Macropor. (g/g)	-0,822906102	0,110940523	-0,558569345	0,877916103	0,314237027	1
Por. Total (cm ³ /cm ³)	-0,856027733	0,471047978	-0,124444342	0,924676689	0,654387663	0,826530037
Micropor. (cm ³ /cm ³)	0,024182605	0,701047955	0,88512732	-0,052483202	0,614008137	-0,503409773
Macropor. (cm ³ /cm ³)	-0,708474729	-0,043505774	-0,637818859	0,781282628	0,157891981	0,975287563
A , Grossa (%)	0,518813876	-0,587104289	-0,281698735	-0,440993943	-0,681850931	-0,134959448
A , Fina (%)	0,02654874	-0,183666706	-0,163159455	-0,028545986	-0,144132628	0,061367231
Silte (%)	-0,301032163	0,455318243	0,271653612	0,234867453	0,52369643	-0,040679307
Argila (%)	-0,45407422	0,537370793	0,271270603	0,404449717	0,581406826	0,154580755
pH (CaCl2)	0,048419222	0,038862776	0,133220128	-0,004914657	0,019740917	-0,020670978
K+ (cmolc/dm ³)	-0,092405319	0,239935683	0,208703908	0,037474125	0,249028233	-0,122495571
Ca2+ ((cmolc/dm ³)	0,101039664	-0,160432596	-0,084710641	-0,120552281	-0,052869693	-0,130502214
Mg2+ (cmolc/dm ³)	0,050687339	-0,016546015	0,050554143	-0,052761567	-0,011312491	-0,065407602
Ca2 + +Mg 2+ (cmolc/dm ³)	0,100007871	-0,118322376	-0,024944614	-0,114437962	-0,042701803	-0,129131667
Al3+ (cmolc/dm ³)	-0,408570766	0,578705046	0,31591512	0,331212793	0,55976728	0,067952401
H+ + Al 3+ (cmolc/dm ³)	-0,43661506	0,565817579	0,285090095	0,360757008	0,571539377	0,100765763
M.O (g/Kg)	-0,17752832	0,366718215	0,272658163	0,106726208	0,328907113	-0,082235568
N	-0,17752832	0,366718215	0,272658163	0,106726208	0,328907113	-0,082235568
P (mg/dm ³)	-0,279741152	0,324368491	0,153813731	0,274770445	0,323182155	0,155358815
Na (mg/dm ³)	-0,167994629	0,189610965	0,07615605	0,168100938	0,158161967	0,122778153
V (%)	0,125159213	-0,11235958	0,002281137	-0,143475014	-0,042469633	-0,16965582
Fe (mg/dm ³)	-0,150413796	0,059811039	-0,044990962	0,103612138	0,024909346	0,126557445
Mn (mg/dm ³)	0,011675542	0,148383728	0,209041654	-0,008773193	0,142457103	-0,112066095
Zn (mg/dm ³)	-0,236867189	-0,038097116	-0,224421649	0,201276669	0,084694862	0,22039735
Cu (mg/dm ³)	0,470167564	-0,361338257	-0,03148482	-0,452373134	-0,401536367	-0,347294621

	Por, Total (cm³/cm³)	Micropor, (cm³/cm³)	Macropor, (cm³/cm³)	A , Grossa (%)	A , Fina (%)	Silte (%)	Argila (%)
H dom (m)							
G (m²/ha)							
H (m)							
Profund.(m)							
Decliv.(%)							
Dens, (Kg/dm³)							
Umidade (g/g)							
Umidade (cm³/cm³)							
Por, Total (g/g)							
Micropor, (g/g)							
Macropor (g/g)							
Por, Total (cm³/cm³)	1						
Micropor, (cm³/cm³)	0,025337982	1					
Macropor, (cm³/cm³)	0,795121854	-0,58610821	1				
A , Grossa (%)	-0,330727399	-0,442912161	0,00063797	1			
A , Fina (%)	0,040652374	-0,127322175	0,110187758	0,109806742	1		
Silte (%)	0,132212763	0,415941657	-0,145171186	-0,694952559	-0,493467537	1	
Argila (%)	0,292165741	0,347921587	0,025733582	-0,835258309	-0,463875887	0,502498226	1
pH (CaCl2)	0,115205045	0,147584502	0,003841561	-0,253941307	-0,03925827	0,040835711	0,313252645
K+ (cmolc/dm³)	-0,01569734	0,265753005	-0,173940175	-0,035294373	-0,103614459	0,245254623	-0,056133684
Ca2+ ((cmolc/dm³)	-0,080939954	0,088398346	-0,119227634	-0,19844059	0,106655165	0,075887983	0,122731481
Mg2+ (cmolc/dm³)	0,009390107	0,084131275	-0,043427156	-0,26872892	-0,312650106	0,334875777	0,311416628
Ca2 + +Mg 2+ (cmolc/dm³)	-0,048466829	0,112680066	-0,107638765	-0,303505593	-0,126211329	0,262992476	0,279632653
Al3+ (cmolc/dm³)	0,148692142	0,311278843	-0,068321648	-0,518939044	-0,388357833	0,547597407	0,525836907
H+ + Al 3+ (cmolc/dm³)	0,187393061	0,308860049	-0,035487475	-0,570076007	-0,354069105	0,580895112	0,543441886
M.O (g/Kg)	-0,012326742	0,25888922	-0,167044451	-0,403711571	-0,656089237	0,665684803	0,480195092
N	-0,012326742	0,25888922	-0,167044451	-0,403711571	-0,656089237	0,665684803	0,480195092
P (mg/dm³)	0,285488593	0,169572469	0,128516306	-0,104571107	0,008139812	0,064138598	0,08012302
Na (mg/dm³)	0,128224477	0,0228301	0,090075287	0,045176696	-0,3220502	0,227917964	0,001838487
V (%)	-0,07488771	0,140943743	-0,146198706	-0,190266539	-0,082208057	0,225952215	0,135234395
Fe (mg/dm³)	0,007898166	-0,129022242	0,084672037	-0,089530562	0,454945207	-0,271846839	-0,005251946
Mn (mg/dm³)	0,01442332	0,256424411	-0,14386845	-0,285602804	-0,213505894	0,362122479	0,247349013
Zn (mg/dm³)	0,175908563	-0,125658326	0,218802588	0,037812961	0,265026358	-0,176556988	-0,102181687
Cu (mg/dm³)	-0,397340115	-0,048016106	-0,292912677	0,011893312	-0,065218162	-0,011579364	0,036784298

	pH (CaCl2)	K+ (cmolc/dm³)	Ca2+ (cmolc/dm³)	Mg2+ (cmolc/dm³)	Ca2 + +Mg 2+ (cmolc/dm³)	Al3+ (cmolc/dm³)	H+ + Al 3+ (cmolc/dm³)
G (m²/ha)							
H (m)							
Profund.(m)							
Decliv.(%)							
Dens, (Kg/dm³)							
Umidade (g/g)							
Umidade (cm³/cm³)							
Por, Total (g/g)							
Micropor, (g/g)							
Macropor (g/g)							
Por, Total (cm³/cm³)							
Micropor, (cm³/cm³)							
Macropor, (cm³/cm³)							
A , Grossa (%)							
A , Fina (%)							
Silte (%)							
Argila (%)							
pH (CaCl2)	1						
K+ (cmolc/dm³)	-0,118163504	1					
Ca2+ ((cmolc/dm³)	0,410199845	0,174665204	1				
Mg2+ (cmolc/dm³)	0,5580956	-0,109476502	0,173200373	1			
Ca2 + +Mg 2+ (cmolc/dm³)	0,629028271	0,048117269	0,781873266	0,749435891	1		
Al3+ (cmolc/dm³)	-0,43605508	0,042657419	-0,42147445	-0,185428226	-0,400707445	1	
H+ + Al 3+ (cmolc/dm³)	-0,434702764	-0,018237659	-0,303282011	-0,099288196	-0,266727146	0,875765473	1
M.O (g/Kg)	-0,222070317	0,089226857	-0,13229652	0,224546347	0,053204215	0,618337662	0,706438604
N	-0,222070317	0,089226857	-0,13229652	0,224546347	0,053204215	0,618337662	0,706438604
P (mg/dm³)	-0,034362497	0,056419901	0,177514438	-0,180628553	0,004993079	0,207753545	0,247665195
Na (mg/dm³)	-0,330358397	0,161678032	-0,427580138	-0,188714502	-0,40689214	0,311577185	0,247620599
V (%)	0,57890646	0,370616523	0,794502736	0,624405301	0,929345099	-0,46490905	-0,404900636
Fe (mg/dm³)	-0,122606723	-0,076192533	-0,150348514	-0,045600751	-0,129935257	0,039663247	-0,049513935
Mn (mg/dm³)	0,052002116	0,036866573	0,262963779	0,257279404	0,339632856	0,112667478	0,24965992
Zn (mg/dm³)	0,080206514	0,020703695	0,031687742	-0,21116686	-0,112367856	-0,048647386	-0,087700907
Cu (mg/dm³)	0,454720655	-0,075689358	0,413168901	0,134492144	0,362881394	-0,383416656	-0,460926393

G (m ² /ha)							
H (m)							
Profund,(m)							
Decliv,(%)							
Dens, (Kg/dm ³)							
Umidade (g/g)							
Umidade (cm ³ /cm ³)							
Por, Total (g/g)							
Micropor, (g/g)							
Macropor (g/g)							
Por, Total (cm ³ /cm ³)							
Micropor, (cm ³ /cm ³)							
Macropor, (cm ³ /cm ³)							
A , Grossa (%)							
A , Fina (%)							
Silte (%)							
Argila (%)							
pH (CaCl2)							
K+ (cmolc/dm ³)							
Ca2+ ((cmolc/dm ³)							
Mg2+ (cmolc/dm ³)							
Ca2 + +Mg 2+ (cmolc/dm ³)							
Al3+ (cmolc/dm ³)							
H+ + Al 3+ (cmolc/dm ³)							
M.O (g/Kg)	1						
N	1	1					
P (mg/dm ³)	0,086831362	0,086831362	1				
Na (mg/dm ³)	0,416608548	0,416608548	-0,016215376	1			
V (%)	-0,037046389	-0,037046389	-0,016614004	-0,323365909	1		
Fe (mg/dm ³)	-0,34032428	-0,34032428	-0,076525213	-0,074558182	-0,13170884	1	
Mn (mg/dm ³)	0,42247435	0,42247435	0,152878905	-0,071508473	0,256476702	-0,219572602	
Zn (mg/dm ³)	-0,157144967	-0,157144967	0,113091088	-0,089225609	-0,068173446	0,046653112	
Cu (mg/dm ³)	-0,155250406	-0,155250406	-0,48957473	-0,188044354	0,378697661	-0,150536475	

APÊNDICE 7- ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA ANÁLISE DE SOLOS

Hdom		Repetição											
Tratamento	Grupo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	1	19,63	20,25	21,00	21,00								
	2	21,88	21,50	21,63	24,00	20,13	20,38	20,63	20,75	18,63	20,38		
	3	20,25	20,75	20,75	22,38	20,25	22,25	21,88					
	4	19,00	16,88	20,88									
	5	22,50	20,00	21,13	23,75	21,13	22,38	19,63	20,13	20,63	20,38	20,38	21,60

Área basal		Repetição											
Tratamento	Grupo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	1	64,09	57,75	62,73	50,02								
	2	61,63	53,96	53,36	66,64	53,27	55,51	56,79	67,83	57,07	52,15		
	3	47,61	49,52	60,64	57,90	61,17	57,12	55,44					
	4	47,74	35,29	43,28									
	5	81,26	54,72	50,70	57,57	61,98	49,41	52,99	52,16	53,87	52,59	62,31	54,39

Volume		Repetição											
Tratamento	grupo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	1	600,14	534,66	624,27	452,22								
	2	579,58	508,35	488,16	637,57	493,86	531,50	534,85	638,21	535,36	532,83		
	3	440,13	465,65	584,50	557,12	587,13	564,16	545,37					
	4	446,34	310,70	390,04									
	5	814,18	513,97	462,59	532,62	587,35	490,37	453,27	506,72	487,21	493,07	489,04	595,33

ANOVA Hdom

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	13,87606	4	3,469015997	2,206552	0,091283	2,678668
Dentro dos grupos	48,73644	31	1,572143097			
Total	62,6125	35				

ANOVA G /ha

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	578,5098	4	144,6274	5,760814	0,001857	2,742595
Dentro dos grupos	652,74	26	25,10538			
Total	1231,25	30				

ANOVA Vol /ha

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	70538,75	4	17634,69	6,214635	0,001198	2,742595
Dentro dos grupos	73777,76	26	2837,606			
Total	144316,5	30				

APÊNDICE 8 - TABELA DE PRODUÇÃO PARA VARIÁVEL DIÂMETRO

Tabela de Produção DAP (cm)								
		Classes de Diâmetro						
Ano	Idade	x. -3s	x. -2s	x. -1s	x. 0s	x. +1s	x. +2s	x. +3s
1967	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1968	1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1969	2	0	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1970	3	0	0,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25
1971	4	0	1,86	0,53	0,00	2,09	1,92	2,26
1972	5	0	2,92	1,53	1,19	4,24	4,02	4,67
1973	6	0	3,73	2,60	3,08	6,61	6,23	6,93
1974	7	0	4,35	3,87	5,12	8,34	8,24	8,94
1975	8	0	4,86	5,06	6,72	9,85	10,06	10,67
1976	9	0	5,17	6,07	8,10	11,15	11,42	12,39
1977	10	0	5,40	6,84	9,11	12,20	12,45	13,78
1978	11	0	5,55	7,29	9,85	13,11	13,61	15,03
1979	12	0	5,65	7,71	10,41	14,06	14,77	16,44
1980	13	0	5,72	7,92	10,92	14,73	15,69	17,83
1981	14	0	5,77	8,15	11,30	15,13	16,44	18,98
1982	15	0	5,81	8,31	11,67	15,59	17,39	20,07
1983	16	0	5,86	8,46	12,01	16,16	18,24	21,23
1984	17	0	5,94	8,60	12,36	16,61	18,92	22,15
1985	18	0	6,01	8,73	12,74	17,01	19,70	22,87
1986	19	0	6,07	8,84	13,08	17,41	20,48	23,65
1987	20	0	6,12	8,97	13,46	17,78	21,07	24,32
1988	21	0	6,17	9,13	13,82	17,98	21,48	24,92
1989	22	0	6,21	9,27	14,04	18,15	21,94	25,49
1990	23	0	6,25	9,36	14,24	18,39	22,28	26,10
1991	24	0	6,28	9,44	14,47	18,61	22,53	26,61
1992	25	0	6,30	9,51	14,68	18,77	22,85	27,00
1993	26	0	6,32	9,59	14,86	19,03	23,31	27,54
1994	27	0	6,34	9,66	15,03	19,31	23,73	28,13
1995	28	0	6,36	9,72	15,18	19,55	24,14	28,59
1996	29	0	6,38	9,79	15,30	19,84	24,61	29,08
1997	30	0	6,38	9,86	15,40	20,17	24,99	29,56
1998	31	0	6,38	9,90	15,47	20,50	25,36	30,14
1999	32	0	6,38	9,96	15,51	20,85	25,74	30,75
2000	33	0	6,38	9,98	15,55	21,17	26,13	31,38
2001	34	0	6,38	10,00	15,59	21,36	26,44	31,79
2002	35	0	6,38	10,01	15,62	21,49	26,66	32,14
2003	36	0	6,38	10,01	15,64	21,57	26,87	32,42
2004	37	0	6,38	10,01	15,65	21,72	27,05	32,76
2005	38	0	6,38	10,01	15,66	21,93	27,22	34,24
Frequência (N° arv.)		0	48	615	576	376	146	16

APÊNDICE 9 - TABELA DE PRODUÇÃO PARA VARIÁVEL ALTURA.

Tabela de Produção altura (cm)								
		Classes de Diâmetro						
Ano	Idade	x. -3s	x. -2s	x. -1s	x. 0s	x. +1s	x. +2s	x. +3s
1967	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1968	1	0	0,38	0,19	0,00	0,28	0,43	0,20
1969	2	0	1,48	0,52	0,25	0,80	1,17	0,85
1970	3	0	1,85	0,86	0,75	1,53	1,83	1,28
1971	4	0	2,43	1,32	1,23	2,45	2,50	2,20
1972	5	0	2,88	2,09	1,93	3,45	3,70	3,70
1973	6	0	3,45	2,99	3,05	4,68	4,73	4,80
1974	7	0	4,50	3,77	4,23	5,50	5,47	5,38
1975	8	0	5,35	5,01	5,03	6,80	6,20	6,58
1976	9	0	6,13	6,15	5,70	7,95	7,27	7,78
1977	10	0	6,43	6,70	6,58	9,13	8,47	9,18
1978	11	0	6,69	7,30	7,15	10,08	9,40	10,20
1979	12	0	6,90	8,03	7,53	10,85	9,90	10,90
1980	13	0	7,05	8,17	8,43	11,80	10,97	11,85
1981	14	0	7,13	8,77	9,25	12,68	11,73	12,68
1982	15	0	7,19	9,10	9,88	13,40	12,30	13,25
1983	16	0	7,31	9,53	10,45	14,10	12,87	13,78
1984	17	0	7,53	9,80	11,00	14,85	13,33	14,45
1985	18	0	7,55	10,13	11,50	15,60	13,63	15,28
1986	19	0	7,64	10,32	12,25	16,33	14,07	16,10
1987	20	0	7,76	10,37	12,63	16,93	14,30	16,40
1988	21	0	7,79	10,48	12,90	17,30	15,00	16,68
1989	22	0	7,94	10,52	13,23	17,68	15,67	17,03
1990	23	0	8,09	10,86	13,43	18,15	16,33	17,38
1991	24	0	8,18	11,03	13,68	18,48	16,67	17,68
1992	25	0	8,24	11,14	14,00	18,68	17,00	17,90
1993	26	0	8,25	11,74	14,33	18,85	17,47	18,10
1994	27	0	8,34	11,79	14,58	19,23	17,80	18,33
1995	28	0	8,38	11,80	15,15	19,48	18,23	18,60
1996	29	0	8,39	11,83	15,40	19,68	18,60	18,83
1997	30	0	8,39	11,87	15,58	20,00	19,00	19,08
1998	31	0	8,44	11,87	15,68	20,20	19,20	19,25
1999	32	0	8,46	11,87	15,75	20,40	19,33	19,38
2000	33	0	8,46	11,90	15,95	20,65	19,60	19,53
2001	34	0	8,46	11,95	16,03	20,78	19,77	19,68
2002	35	0	8,46	12,00	16,15	20,88	19,90	19,80
2003	36	0	8,46	12,00	16,18	21,04	19,93	20,00
2004	37	0	8,46	12,00	16,20	21,11	20,00	20,15
2005	38	0	8,46	12,02	16,23	21,16	20,18	20,23
Frequência (N° arv.)		0	48	615	576	376	146	16

APÊNDICE 10 - TABELA DE PRODUÇÃO PARA VARIÁVEL VOLUME.

Tabela de Produção volume individual (m³)								
		Classes de Diâmetro						
Ano	Idade	x. -3s	x. -2s	x. -1s	x. 0s	x. +1s	x. +2s	x. +3s
1967	0	0	0	0	0	0	0	0
1968	1	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1969	2	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1970	3	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1971	4	0	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001
1972	5	0	0,002	0,001	0,001	0,004	0,004	0,004
1973	6	0	0,003	0,003	0,002	0,010	0,009	0,010
1974	7	0	0,004	0,006	0,007	0,017	0,019	0,018
1975	8	0	0,005	0,010	0,012	0,028	0,027	0,029
1976	9	0	0,007	0,015	0,019	0,041	0,040	0,045
1977	10	0	0,008	0,020	0,027	0,056	0,054	0,063
1978	11	0	0,009	0,024	0,034	0,072	0,072	0,084
1979	12	0	0,010	0,028	0,042	0,091	0,092	0,112
1980	13	0	0,010	0,030	0,050	0,108	0,111	0,141
1981	14	0	0,011	0,033	0,057	0,123	0,131	0,174
1982	15	0	0,011	0,035	0,065	0,139	0,154	0,209
1983	16	0	0,012	0,037	0,074	0,158	0,178	0,248
1984	17	0	0,012	0,039	0,083	0,176	0,203	0,284
1985	18	0	0,013	0,041	0,092	0,193	0,229	0,316
1986	19	0	0,013	0,042	0,102	0,212	0,257	0,354
1987	20	0	0,013	0,043	0,113	0,229	0,281	0,389
1988	21	0	0,014	0,045	0,123	0,241	0,300	0,420
1989	22	0	0,014	0,046	0,131	0,256	0,322	0,473
1990	23	0	0,014	0,047	0,139	0,270	0,342	0,509
1991	24	0	0,015	0,048	0,147	0,282	0,356	0,538
1992	25	0	0,015	0,050	0,153	0,293	0,377	0,568
1993	26	0	0,015	0,051	0,160	0,309	0,402	0,605
1994	27	0	0,016	0,052	0,167	0,324	0,425	0,636
1995	28	0	0,016	0,053	0,173	0,338	0,447	0,660
1996	29	0	0,016	0,054	0,178	0,356	0,476	0,696
1997	30	0	0,016	0,055	0,182	0,374	0,501	0,731
1998	31	0	0,016	0,056	0,186	0,391	0,524	0,769
1999	32	0	0,017	0,057	0,189	0,409	0,548	0,808
2000	33	0	0,017	0,057	0,191	0,427	0,575	0,853
2001	34	0	0,017	0,058	0,192	0,437	0,593	0,884
2002	35	0	0,017	0,059	0,193	0,446	0,611	0,915
2003	36	0	0,017	0,059	0,194	0,457	0,626	0,943
2004	37	0	0,017	0,059	0,195	0,472	0,649	0,980
2005	38	0	0,017	0,060	0,195	0,485	0,666	1,018
Frequência (N° arv.)		0	48	615	576	376	146	16

APÊNDICE 11 - TABELA DE PRODUÇÃO PARA VARIÁVEL ÁREA
BASAL.

Tabela de Produção Área Basal (m²/ha)								
		Classes de Diâmetro						
Ano	Idade	x. -3s	x. -2s	x. -1s	x. 0s	x. +1s	x. +2s	x. +3s
1967	0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1968	1	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1969	2	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1970	3	0,0000	0,0019	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001
1971	4	0,0000	0,0107	0,0111	0,0000	0,1056	0,0344	0,0052
1972	5	0,0000	0,0262	0,0927	0,0523	0,4331	0,1518	0,0224
1973	6	0,0000	0,0428	0,2679	0,3507	1,0564	0,3635	0,0493
1974	7	0,0000	0,0584	0,5915	0,9679	1,6809	0,6368	0,0821
1975	8	0,0000	0,0727	1,0102	1,6679	2,3447	0,9482	0,1171
1976	9	0,0000	0,0823	1,4568	2,4261	3,0039	1,2225	0,1578
1977	10	0,0000	0,0899	1,8467	3,0725	3,5925	1,4523	0,1951
1978	11	0,0000	0,0949	2,0986	3,5869	4,1476	1,7359	0,2320
1979	12	0,0000	0,0984	2,3454	4,0109	4,7721	2,0443	0,2777
1980	13	0,0000	0,1007	2,4800	4,4140	5,2366	2,3092	0,3265
1981	14	0,0000	0,1028	2,6228	4,7264	5,5275	2,5353	0,3699
1982	15	0,0000	0,1042	2,7289	5,0407	5,8683	2,8338	0,4137
1983	16	0,0000	0,1058	2,8292	5,3365	6,3044	3,1199	0,4629
1984	17	0,0000	0,1086	2,9199	5,6496	6,6586	3,3573	0,5042
1985	18	0,0000	0,1112	3,0097	6,0080	6,9880	3,6399	0,5373
1986	19	0,0000	0,1135	3,0844	6,3315	7,3160	3,9336	0,5744
1987	20	0,0000	0,1155	3,1792	6,6966	7,6309	4,1603	0,6079
1988	21	0,0000	0,1172	3,2884	7,0683	7,8037	4,3255	0,6378
1989	22	0,0000	0,1187	3,3917	7,2931	7,9580	4,5144	0,6676
1990	23	0,0000	0,1203	3,4575	7,5052	8,1681	4,6541	0,6997
1991	24	0,0000	0,1214	3,5157	7,7392	8,3642	4,7604	0,7277
1992	25	0,0000	0,1224	3,5696	7,9683	8,5030	4,8963	0,7491
1993	26	0,0000	0,1233	3,6297	8,1660	8,7439	5,0947	0,7790
1994	27	0,0000	0,1239	3,6821	8,3591	9,0034	5,2812	0,8131
1995	28	0,0000	0,1246	3,7324	8,5210	9,2312	5,4634	0,8400
1996	29	0,0000	0,1253	3,7838	8,6556	9,5058	5,6789	0,8688
1997	30	0,0000	0,1256	3,8370	8,7719	9,8220	5,8548	0,8979
1998	31	0,0000	0,1256	3,8737	8,8473	10,1501	6,0318	0,9330
1999	32	0,0000	0,1256	3,9145	8,9026	10,4921	6,2101	0,9713
2000	33	0,0000	0,1256	3,9372	8,9443	10,8197	6,4007	1,0118
2001	34	0,0000	0,1256	3,9469	8,9868	11,0189	6,5518	1,0384
2002	35	0,0000	0,1256	3,9574	9,0279	11,1541	6,6629	1,0610
2003	36	0,0000	0,1256	3,9600	9,0518	11,2332	6,7692	1,0800
2004	37	0,0000	0,1256	3,9600	9,0634	11,3855	6,8597	1,1029
2005	38	0,0000	0,1256	3,9600	9,0701	11,6100	6,9442	1,2046
Frequência (N° arv.)		0	48	615	576	376	146	16

APÊNDICE 12 - TABELA DE PRODUÇÃO PARA VARIÁVEL VOLUME/HA.

Tabela de Produção Volume (m³/ha)								
		Classes de Diâmetro						
Ano	Idade	x. -3s	x. -2s	x. -1s	x. 0s	x. +1s	x. +2s	x. +3s
1967	0	0	0	0	0	0	0	0
1968	1	0	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
1969	2	0	0,002	0,015	0,001	0,006	0,003	0,000
1970	3	0	0,010	0,059	0,006	0,058	0,028	0,002
1971	4	0	0,027	0,218	0,065	0,333	0,130	0,013
1972	5	0	0,061	0,675	0,334	1,136	0,431	0,047
1973	6	0	0,105	1,755	1,158	2,962	1,027	0,126
1974	7	0	0,151	3,173	3,101	5,283	2,301	0,237
1975	8	0	0,208	5,185	5,737	8,511	3,268	0,382
1976	9	0	0,265	7,621	9,138	12,603	4,741	0,591
1977	10	0	0,313	9,850	12,845	17,247	6,429	0,827
1978	11	0	0,350	11,923	16,236	22,243	8,539	1,100
1979	12	0	0,378	13,846	19,591	28,009	10,971	1,465
1980	13	0	0,398	15,207	23,398	33,181	13,229	1,848
1981	14	0	0,419	16,366	26,963	37,791	15,580	2,279
1982	15	0	0,436	17,498	30,672	42,738	18,338	2,728
1983	16	0	0,455	18,640	34,645	48,426	21,260	3,242
1984	17	0	0,475	19,614	38,998	54,005	24,250	3,721
1985	18	0	0,492	20,497	43,504	59,190	27,349	4,139
1986	19	0	0,508	21,248	47,862	65,069	30,735	4,635
1987	20	0	0,521	21,850	53,031	70,344	33,515	5,093
1988	21	0	0,535	22,407	57,787	74,094	35,866	5,496
1989	22	0	0,550	22,983	61,462	78,616	38,494	6,191
1990	23	0	0,566	23,531	65,264	83,052	40,812	6,664
1991	24	0	0,580	24,238	69,117	86,554	42,526	7,043
1992	25	0	0,593	24,924	72,253	90,178	45,016	7,430
1993	26	0	0,606	25,606	75,490	94,985	47,964	7,914
1994	27	0	0,616	26,177	78,740	99,656	50,782	8,318
1995	28	0	0,626	26,680	81,277	103,947	53,318	8,637
1996	29	0	0,634	27,111	83,878	109,319	56,791	9,104
1997	30	0	0,640	27,693	85,566	115,112	59,789	9,569
1998	31	0	0,648	28,138	87,596	120,334	62,495	10,054
1999	32	0	0,667	28,513	89,002	125,660	65,407	10,573
2000	33	0	0,671	28,887	89,876	131,163	68,600	11,162
2001	34	0	0,673	29,203	90,437	134,453	70,808	11,565
2002	35	0	0,674	29,450	90,913	137,197	72,940	11,976
2003	36	0	0,674	29,680	91,295	140,402	74,773	12,339
2004	37	0	0,674	29,835	91,643	145,197	77,473	12,816
2005	38	0	0,674	29,956	91,979	149,061	79,445	13,317
Frequência (N° arv.)		0	48	615	576	376	146	16